

A. Hébert

La Technique des Rayons X

Bibliothèque de la Revue générale des Sciences

BIBLIOTHÈQUE

DE LA REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES

LA TECHNIQUE

DES

RAYONS X

LA TECHNIQUE

DES

RAYONS X

MANUEL OPÉRATOIRE

DE LA

RADIOGRAPHIE ET DE LA FLUOROSCOPIE

A L'USAGE

DES MÉDECINS, CHIRURGIENS ET AMATEURS

DE PHOTOGRAPHIE

PAR

ALEXANDRE HÉBERT

PRÉPARATEUR A LA FACULTÉ DE MÉDECINE



PARIS

GEORGES CARRÉ ET C. NAUD, ÉDITEURS

3, RUE RACINE, 3

—

1897



AVANT-PROPOS

La magnifique découverte du Professeur Rœntgen a déjà inspiré de nombreux écrivains ; la presse quotidienne s'en est emparée au point de vue des faits ; les journaux scientifiques ont donné, en plus, le résumé des théories que les savants les plus éminents ont édifiées pour expliquer le nouveau phénomène. Des livres remarquables ont paru qui ont collationné tous ces articles, soit au point de vue documentaire, soit au point de vue théorique.

Nous avons pensé qu'à côté de ces ouvrages, il y avait place pour un livre qui, n'aspirant à être ni entièrement théorique, ni complètement documentaire, voudrait surtout être *pratique*. Nous avons essayé de donner de la technique et de l'emploi des rayons X, une idée assez précise pour permettre au lecteur non encore initié au mode opératoire, de produire chez lui ces rayons et de les appliquer sans difficulté à l'inspection des parties profondes du corps humain.

« Si le nom de Rœntgen, ainsi que le fait remarquer M. C. Raveau dans un excellent article paru dans la *Revue générale des Sciences*, est devenu en un jour populaire, — on peut employer ce mot sans exagération, — la raison en est avant tout que les rayons X ne sont pas exclusivement une curiosité de laboratoire, que chacun peut les produire et qu'il suffit d'une installation très simple pour obtenir la photographie du squelette d'un membre ou celle d'un objet enfermé dans une boîte à parois épaisses. Ces épreuves resteront un sujet de distraction ou une cause d'étonnement jusqu'à ce que l'accoutumance ait émoussé l'admiration et que ces merveilles soient devenues banales ; un jour prochain viendra où personne ne trouvera qu'il soit plus étrange de voir un objet, ou tout au moins d'obtenir la reproduction de ses contours, à travers une planche de bois de plusieurs centimètres d'épaisseur, que d'entendre, à Paris, la voix d'un interlocuteur qui parle à Bruxelles ; l'ensemble des idées courantes et les opinions vulgaires au sujet de la transparence et de l'opacité auront changé, en même temps qu'une modification correspondante se sera produite dans les mœurs du monde civilisé (1). »

Il convenait donc de mettre médecins, chirurgiens et le grand public lui-même qu'intéressent ces sujets, en état de reproduire les expériences si frappantes du professeur de Wurtzbourg, et d'épargner aux nouveaux

(1) Raveau : La technique et les récentes applications de la Photographie de l'Invisible. *Revue générale des Sciences* du 30 avril 1896, t. VII, p. 391.

venus dans cette branche si intéressante de la Physique les mécomptes qui résulteraient de l'oubli de certaines précautions indispensables.

A une époque où tout le monde recourt à la chambre noire, où tant de gens possèdent kodaks, détectives, photo-jumelles, vérascopes, etc., beaucoup auront, sans doute, la curiosité d'appliquer leur outillage usuel à la *photographie de l'invisible*. Il suffit, pour cela, de compléter le matériel ordinaire de l'amateur par l'adjonction de trois appareils peu coûteux et faciles à manier : une *pile*, une *bobine d'induction*, un *tube à vide*.

Nous avons supposé le lecteur étranger au maniement de ces instruments et avons pris soin de lui indiquer la façon de les acheter, de les entretenir en bon état et de s'en servir. S'il veut bien suivre le manuel opératoire. d'ailleurs très simple, que décrit ce petit livre, il aura la surprise d'obtenir du premier coup et sans effort des images d'un genre nouveau, dont la beauté ne le cédera pas à celle des radiographies réunies ici-même.

Ces belles photographies ont paru dans la série des études si complètes que la *Revue générale des Sciences* a consacrées à la production des rayons X et à l'utilisation de ces rayons en Photographie et en Fluoroscopie. Nous avons largement puisé dans cette précieuse collection d'articles pour écrire le présent ouvrage. Puisse-t-il attirer vers les questions scientifiques de nouveaux adeptes.

A. Hébert

Voici la série des articles que la *Revue générale des Sciences* et la *Presse médicale* ont publiées sur ce sujet :

LOUIS OLIVIER. La photographie de l'invisible. *Revue générale des Sciences* du 30 janvier 1896, t. VII, p. 49.

H. POINCARÉ. Les rayons cathodiques et les rayons Rœntgen. *Revue générale des Sciences* du 30 janvier 1896, t. VII, p. 52.

W. RŒNTGEN. Expériences sur un nouveau genre de rayons. *Rev. gén. des Sc.* du 30 janvier 1896, t. VII, p. 59.

A. SCHUSTER. Remarques au sujet des vues théoriques de M. Rœntgen. *Rev. gén. des Sc.* du 30 janvier 1896, t. VII, p. 64.

J. BOTTOMLEY. Les vibrations longitudinales de l'éther à propos des rayons de Rœntgen. *Rev. gén. des Sc.* du 30 janvier 1896, t. VII, p. 65.

J. PERRIN. Étude expérimentale des rayons de Rœntgen. *Rev. gén. des Sc.* du 30 janvier 1896, t. VII, p. 66.

H. DUFOUR. Expériences sur les rayons de Rœntgen. *Rev. gén. des Sc.* du 29 février 1896, t. VII, p. 191.

C. RAVEAU. Les faits nouvellement acquis sur les rayons de Rœntgen. *Rev. gén. des Sc.* du 15 mars 1896, t. VII, p. 249.

OLIVER LODGE. Les hypothèses actuelles sur la nature des rayons de Rœntgen. *Rev. gén. des Sc.* du 15 mars 1896, t. VII, p. 253.

LORD KELVIN. Expériences à tenter sur les rayons de Rœntgen, *Rev. gén. des Sc.* du 15 mars 1896, t. VII, p. 258.

C. RAVEAU et G. MESLIN. La technique et les récentes applications de la photographie de l'invisible. *Rev. gén. des Sc.* du 30 avril 1896, t. VII, p. 391.

W. RŒNTGEN. Nouvelles recherches sur les propriétés et l'origine des rayons X. *Rev. gén. des Sc.* du 30 mai 1896, t. VII, p. 499.

A. IMBERT et H. BERTIN-SANS. Radiographie du corps entier d'un enfant. *Rev. gén. des Sc.* du 30 juin 1896, t. VII, p. 556.

G. GOUY et J. LUCAS. Sur les tubes focus employés en radiographie. *Rev. gén. des Sc.* du 30 juillet 1896, t. VII, p. 668.

M.-C. GARIEL. La fluoroscopie. *Rev. gén. des Sc.* du 30 octobre 1896, t. VII, p. 850.

A. IMBERT et H. BERTIN-SANS. La radiographie par les rayons X en médecine. *Presse médicale* du 8 juillet 1896, nº 55, p. 321.

M. BAR. Les rayons de Rœntgen, applications aux sciences médicales. *Presse médicale* du 12 février 1896, nº 13, p. 73.

M. SCHWARTZ. Une application des rayons de Rœntgen à la chirurgie. *Presse médicale* du 15 avril 1896, nº 31, p. 181.

PAUL GASTON et GEORGES BROUARDEL. Un cas d'acromégalie vu à travers les rayons X. *Presse médicale* du 29 juillet 1896, nº 61, p. 359.

V. VEDEL. Pseudo-ostéoarthropathie hypertrophiante, application des rayons de Rœntgen. *Presse médicale* du 30 décembre 1896, nº 107, p. 697.

LA TECHNIQUE
DES RAYONS X

INTRODUCTION

La Photographie de l'Invisible, telle que la méthode de Rœntgen permet de la pratiquer, a sa source dans les récents progrès, d'une part, de la Photographie, d'autre part, de la science électrique. Pour bien saisir l'esprit de cette méthode, il convient de considérer tout d'abord ces deux origines.

I. — LE FACTEUR PHOTOGRAPHIQUE

En 1839, le monde scientifique était mis en rumeur par la découverte de Daguerre, qu'Arago faisait connaître à l'Académie des Sciences dans la séance publique du 10 août. Un homme s'était trouvé qui, mettant à profit les idées de son précurseur Nicéphore Niepce, était parvenu à fixer d'une façon à peu près indélébile sur une surface solide l'image de tous les objets présentés devant une chambre noire convenablement disposée.

Cette découverte ne tarda pas à se répandre et, peu à peu, de nombreux perfectionnements furent introduits, tant dans l'appareil optique que dans les surfaces des-

tinées à recevoir l'impression lumineuse. C'est ainsi que ces dernières, qui étaient primitivement formées d'une lame de cuivre argenté soumise aux vapeurs d'iode, puis, après exposition, aux vapeurs de mercure, devinrent des plaques de verre recouvertes de collodion renfermant une certaine quantité d'iodure d'argent; le progrès a été continu, si bien qu'actuellement, toutes les plaques photographiques sont faites au gélatino-bromure d'argent sec, ce qui en rend l'emploi très facile. De nombreux fabricants, — au premier rang desquels on doit citer MM. Lumière, de Lyon, — ont porté cette industrie à un haut degré de perfection.

Depuis plusieurs années, le grand public avait à son tour mis à profit les progrès de la photographie et avait pris goût à cette science, qui était devenue un art. Grâce aux bons appareils commodes et portatifs que l'on construit aujourd'hui, grâce au bon marché des plaques photographiques, même de première marque, les amateurs sont devenus légion et beaucoup d'entre eux ont acquis une adresse remarquable dans la production des clichés. Bon nombre de ces clichés méritent pleinement la qualification d'artistiques.

En même temps, les appareils photographiques se sont perfectionnés, et la rapidité d'impression des plaques sensibles a été poussée à sa dernière limite. On peut obtenir, maintenant, de bons clichés avec une pose d'une fraction très minime de seconde, et cela permet de saisir au passage une phase quelconque d'une scène animée.

Enfin, en 1892, M. Lippmann est venu combler une des plus importantes lacunes que l'on reprochait à la photographie, si perfectionnée pourtant. Si jolies que fussent les épreuves obtenues jusqu'alors, il leur manquait la gamme des couleurs. L'éminent physicien, par sa magnifique découverte de la reproduction photo-

graphique des couleurs, a fait entrevoir de nombreuses promesses qui se réaliseront certainement, en même temps qu'il a confirmé d'une façon éclatante la théorie scientifique de la lumière.

Ainsi, en cinquante années environ, l'art de la photographie avait marché de succès en succès; le public commençait à être blasé et croyait impossible qu'une ère nouvelle pût s'ouvrir qui montrerait des horizons inexplorés. Seuls, des savants éminents, travaillant dans le silence de leur laboratoire, pouvaient penser que tout n'était pas dit et que de nouvelles recherches conduiraient à des découvertes capitales. Les faits devaient leur donner raison.

II. — LE FACTEUR ÉLECTRIQUE

Au commencement de l'année 1896, en effet, on annonçait que M. W. Rœntgen, professeur de Physique à l'Université de Würtzbourg, venait de découvrir une nouvelle espèce de rayons, invisibles, mais impressionnant la plaque photographique et susceptibles de traverser la plupart des corps considérés jusqu'alors comme opaques. L'éminent physicien ajoutait que ces rayons ne semblaient être susceptibles ni de réflexion, ni de réfraction.

Les savants de tous les pays s'emparèrent aussitôt de cette découverte; elle fut répétée, commentée, perfectionnée sans relâche; les philosophes de la science tentèrent de l'interpréter, cherchant une théorie qui embrassât à la fois les faits nouveaux et les données positives antérieurement acquises à l'Optique. Le nombre de Notes et de Mémoires parus en quelques mois sur la question est vraiment prodigieux. Ce grand effort porta vite ses fruits : en quelques semaines, on parvint à

réduire considérablement le temps de pose, qui s'élevait d'abord à deux ou trois heures et qui se réduit maintenant, pour certains objets, à une fraction de seconde. Tandis qu'au début, on n'arrivait guère à faire traverser aux rayons Rœntgen que des objets d'épaisseur relativement faible, on peut actuellement tenter la photographie d'organes profonds, et l'on pénètre maintenant au moyen des rayons X, dans toutes les parties du corps humain.

Cette grande découverte a été préparée surtout par les travaux du célèbre physicien anglais William Crookes. Ce savant avait constaté en 1879 l'effet produit par les décharges électriques dans les gaz raréfiés; il eut pour continuateur dans cette voie M. Lenard, élève de Hertz. Arrêtons-nous un instant sur les expériences de ces physiciens, expériences fondamentales en l'espèce, qui nous permettront d'expliquer sommairement la production des rayons Rœntgen.

1. Si, dans un tube, où l'on a fait un certain vide et dans lequel aboutissent deux fils reliés aux bornes du courant induit d'une bobine de Rhumkorff, on fait jaillir l'étincelle, celle-ci engendrera des phénomènes lumineux plus ou moins complexes que l'on connaît depuis longtemps par les effets produits dans l'œuf électrique ou dans le tube de Gessler. Si, dans ce même tube, on pousse le vide à la dernière limite qu'il nous soit possible d'atteindre, ainsi que l'a fait W. Crookes, puisqu'on fasse jaillir l'étincelle dans les mêmes conditions, le phénomène se modifie : on observe autour du pôle négatif un espace obscur, tandis que, près de l'autre pôle, le verre du tube devient fluorescent; en même temps il se produit entre les deux pôles une série de stratifications lumineuses très brillantes (fig. 1).

Quand on fait éclater l'étincelle dans le vide absolu, ces effets n'ont plus lieu. Ils exigent donc, dans le milieu où ils se produisent, l'existence d'un certain nombre de molécules gazeuses.

Pour expliquer ces phénomènes, W. Crookes admettait que, dans le tube où ils se produisaient, la matière existait à un état particulier, l'état radiant, et que, dans

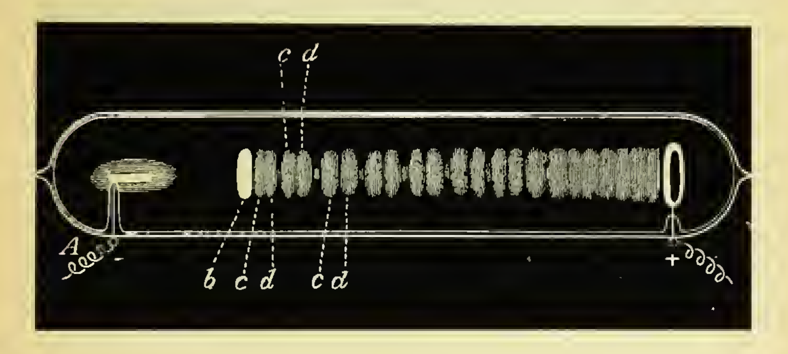


Fig. 1.
Tube de Crookes en activité.

ce cas, les molécules pouvaient parcourir librement l'espace dans lequel elles étaient enfermées ; en faisant passer, dans un tel système, le courant électrique, celui-ci entraînerait du pôle négatif (ou cathode) vers le pôle positif (ou anode) toutes ces molécules, lesquelles alors viendraient frapper le verre du tube. Le bombardant vers un même endroit, elles y provoqueraient un état de fluorescence particulier, attribué à des rayons spéciaux, dits rayons cathodiques. C'est cette explication que l'on a désignée sous le nom de théorie du bombardement.

Quoi qu'on pense de cette théorie, on ne peut nier le déplacement des molécules dans le tube de Crookes; ce savant l'a démontré par diverses expériences des plus ingénieuses, notamment en se servant de leur

force vive pour faire tourner un petit moulinet situé dans l'intérieur du tube.

On constate par des procédés analogues que les rayons cathodiques se transmettent en ligne droite et qu'ils sont déviés par l'aimant ; mais Crookes ne supposait pas qu'ils pussent se transmettre en dehors du milieu radiant qui existait dans ses tubes.

Mais M. Lenard montra, il y a deux ans, que ces rayons cathodiques pouvaient traverser certains corps et se propager dans les milieux gazeux ordinaires. En fermant, en effet, le tube de Crookes par une lame d'aluminium très mince, mais imperméable aux gaz, le physicien hongrois put déceler la présence de ces rayons en dehors du tube, au delà de la plaque de métal et constata qu'ils se transmettent dans l'air et dans le vide.

2. Or, M. Rœntgen montra — et c'est en quoi consiste sa belle découverte — que, dans un tube de Crookes, à l'endroit où les rayons cathodiques viennent frapper le verre, des rayons d'une espèce nouvelle prenaient naissance ; il reconnut que, par certaines propriétés, ces rayons diffèrent très nettement des rayons cathodiques qui les ont engendrés.

Ces rayons Rœntgen, ces rayons X, comme les a appelés trop modestement celui qui les a décelés, se propagent en ligne droite, provoquent la luminosité des substances fluorescentes qu'ils rencontrent, ne peuvent être ni réfléchis, ni réfractés, propriétés qu'ils partagent avec les rayons cathodiques, mais, au contraire de ceux-ci, ils ne sont aucunement déviés par l'aimant. Ils provoquent la décharge spontanée d'un corps électrisé quelconque placé sur leur parcours ; enfin, ils traversent plus ou moins facilement la plupart des subs-

tances opaques à la lumière ordinaire et impressionnent nettement les plaques photographiques.

En présence des nombreuses applications dont ces propriétés rendaient susceptibles les rayons X, M. Rœntgen effectua de suite la photographie d'objets, animés ou non, renfermés dans des substances opaques ; l'une de ses expériences les plus populaires a consisté dans la reproduction des os de la main. De nombreux imitateurs poursuivirent et perfectionnèrent ses méthodes. En principe, voici le dispositif adopté (fig. 2).

3. Une source d'électricité quelconque, — piles, accumulateurs ou courant fourni par les usines centrales,

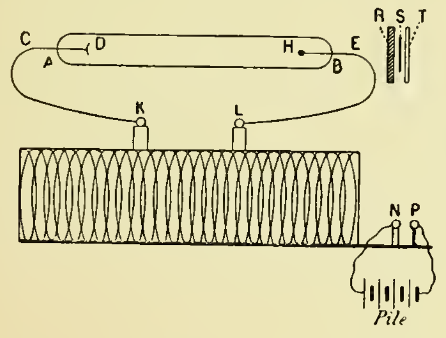


Fig. 2.

Schéma de l'expérience de M. Rœntgen. — A B, tube de Crookes. — Une batteries de piles actionne une bobine de Rhumkorff, dont les pôles sont reliés aux électrodes C et E qui pénètrent dans le tube. La décharge jaillit du pôle négatif D, ou *cathode*, dans la direction du pôle positif H. — R, planche de bois ; S, main humaine ; T, plaque photographique.

— est employée à actionner une bobine de Rhumkorff. Le courant électrique primitif, qui est de grand débit et de faible pression, donne naissance, dans le circuit secondaire de la bobine, à un courant induit alternatif dont la pression est bien plus considérable. Ce courant induit est transmis par des conducteurs métalliques aux deux

pôles d'un tube de Crookes dans lequel la raréfaction de l'air est obtenue à un haut degré par l'action d'une trompe à mercure En face du pôle négatif (ou cathode) de ce tube, on place l'objet que l'on désire photographier par les rayons X et l'on dispose derrière cet objet le châssis photographique fermé dans lequel se trouve la plaque destinée à être impressionnée

Dans ces conditions, on n'obtient pas une photographie proprement dite, mais une reproduction des ombres portées par les objets ou les parties opaques aux rayons X. Pour une main, par exemple, les chairs, étant transparentes aux radiations Rœntgen, ne sont pas reproduites; mais les os, n'étant pas traversés, portent ombre sur la plaque sensible, et c'est cette projection que l'on obtient quand on développe la plaque. C'est pourquoi on désigne souvent la photographie aux rayons X sous le nom de Radiographie.

Il va sans dire que cette reproduction de l'invisible ne peut s'effectuer avec des appareils quelconques, ni sans qu'on observe certaines précautions. Ce sont ces détails très importants de matériel et d'opérations dont nous allons nous occuper dans les chapitres suivants.

PREMIÈRE PARTIE

LE MATÉRIEL

CHAPITRE PREMIER

La source d'électricité.

La source d'électricité nécessaire pour effectuer la reproduction des expériences de M. Rœntgen peut être fournie, ainsi que nous l'avons dit, par des piles, des accumulateurs ou par le courant distribué par les usines centrales.

I. — LES PILES

1. La pile est un appareil destiné à produire un courant électrique sous l'influence d'actions chimiques. Nous rappellerons qu'elle est généralement formée d'un vase contenant un certain liquide acide dans lequel on plonge deux substances solides inégalement attaquables par l'acide ; dans ces conditions, il se développe un courant qui va du corps le moins attaqué au corps le plus attaqué. En principe la pile pourrait se concevoir, ainsi que l'avait fait Volta, comme formée d'un vase empli d'acide sulfurique dilué dans lequel sont plongées une lame de zinc et une lame de cuivre ou de charbon (fig. 3). Ce dernier corps, moins atta-

qué que le zinc, deviendra le pôle positif de la pile, le pôle négatif étant au zinc. Le zinc, en effet, décompose facilement l'acide sulfurique en formant du sulfate de zinc et en dégageant de l'hydrogène.

Mais cette pile théorique présente de nombreux inconvénients : tout d'abord, si le zinc n'est pas absolument pur, son attaque par l'acide a lieu aussi bien en circuit ouvert qu'en circuit fermé ; de plus, l'hydrogène produit par cette attaque se dégage au pôle positif formé par la lame de cuivre ou de charbon et la recouvre d'une multitude de petites bulles gazeuses retenues par adhérence et qui augmentent dans de grandes proportions la résistance intérieure de la pile, qui la polarisent, suivant l'expression consacrée, en diminuant son rendement ; enfin, la concentration du liquide acide diminue de plus en plus, puisqu'il se trouve saturé par le zinc, de sorte qu'au bout de quelque temps, il ne produit plus d'effet appréciable.

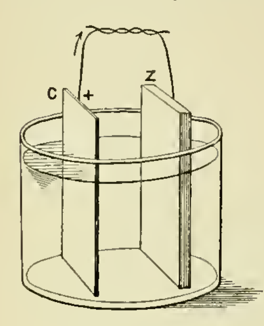


Fig. 3.
Pile théorique.

2. Dans la pratique, on est arrivé à parer à ces divers inconvénients, d'une façon partielle, sinon complète.

Le zinc absolument pur étant d'un prix très élevé, on l'a remplacé avantageusement par le zinc amalgamé, c'est-à-dire allié superficiellement au mercure. Dans ces conditions, il ne s'attaque aucunement en circuit ouvert et ne se consomme qu'en circuit fermé. L'amalgamation se fait simplement en plongeant le zinc à traiter dans un vase renfermant un peu de mercure surmonté d'eau acidulée sulfurique et en frottant ce zinc

avec une brosse quelconque trempée de temps en temps dans le liquide.

Pour empêcher la production de la gaine de bulles d'hydrogène qui tend à se former au pôle positif de la pile, on cherche à faire entrer ce gaz en combinaison avec un corps convenablement choisi, dont on entoure la lame positive et que l'on appelle dépolarisant. Ce corps est généralement un oxydant qui transforme en eau l'hydrogène, avant que ce corps puisse se dégager à l'état gazeux.

Les dépolarisants peuvent être soit solides comme dans la pile Leclanché dans laquelle on emploie du bioxyde de manganèse, soit liquides comme dans les piles au bichromate de potasse ou dans les éléments Bunsen où l'oxydation se fait par l'acide nitrique.

Quant à la diminution de concentration des solutions, il est bien difficile de l'éviter, à moins d'employer certaines piles spéciales, telles que celle de Daniell, et qui ne peuvent servir que dans des circonstances déterminées. On en est quitte généralement pour renouveler les liquides des piles quand ils sont trop affaiblis.

3. Pour l'usage qui nous préoccupe, c'est-à-dire pour l'excitation d'une forte bobine de Rhumkorff, il convient de prendre des piles de haute intensité, d'une constance assez grande, et qui puissent fonctionner pendant un certain temps sans avoir besoin de renouveler les liquides. Les piles qui répondent le mieux à ces desiderata sont les éléments Bunsen ou ceux au bichromate de potasse.

La pile Bunsen (fig. 4) est à deux vases ; dans le récipient extérieur, on dispose une plaque de zinc amalgamé Z contournée en cylindre et fendue suivant une

génératrice ; cette plaque baigne dans une solution d'acide sulfurique au vingtième en volume. Dans le vase intérieur poreux V se trouve une plaque de charbon C plongeant dans de l'acide nitrique ordinaire du commerce marquant de 36 à 40° Baumé. L'élément courant, dont la hauteur est de 20 centimètres, donne une force électromotrice de 1 volt, 8. Lorsque l'acide nitrique du vase poreux marque 30° Baumé, la pile s'affaiblit rapidement ; l'acide peut néanmoins servir jusqu'à 28° Baumé.

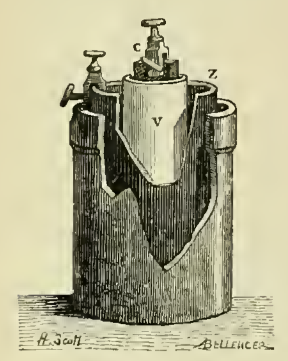


Fig. 4.
Pile Bunsen.

Les piles au bichromate de potasse peuvent s'employer avec ou sans vase poreux.

Ces dernières se composent généralement de deux plaques de charbon situées de part et d'autre d'une lame de zinc amalgamé ; le tout repose dans une solution comprenant 100 grammes de bichromate de potasse et 50 grammes d'acide sulfurique pour 1 litre d'eau ; les plaques de charbon et de zinc sont rattachées à une armature disposée de façon à effectuer un couplage et une séparation convenable des deux pôles. Pour l'usage, on réunit un certain nombre de ces piles (fig. 5) reliées par des conducteurs F ; le plus souvent, dans ce cas, les lames et leurs armatures sont suspendues après une traverse A qu'un treuil *r* peut faire monter ou descendre à volonté. On évite ainsi d'une façon radicale l'usure des zincs quand le circuit n'a pas besoin d'être fermé La force électromotrice de chacun de ces éléments est d'environ 2 volts.

C'est à ce genre d'éléments que se rattache la pile-bouteille de Grenet ; elle est, en général, un peu trop

faible pour l'usage que nous considérons ; il vaut mieux employer les batteries indiquées ci-dessus.

Les piles au bichromate avec vase poreux sont formées d'une ou de plusieurs plaques de charbon réunies et plongeant dans un liquide composé de 100 parties d'eau, 25 d'acide sulfurique et 12 de bichromate de potasse ; dans le vase poreux se trouvent un zinc

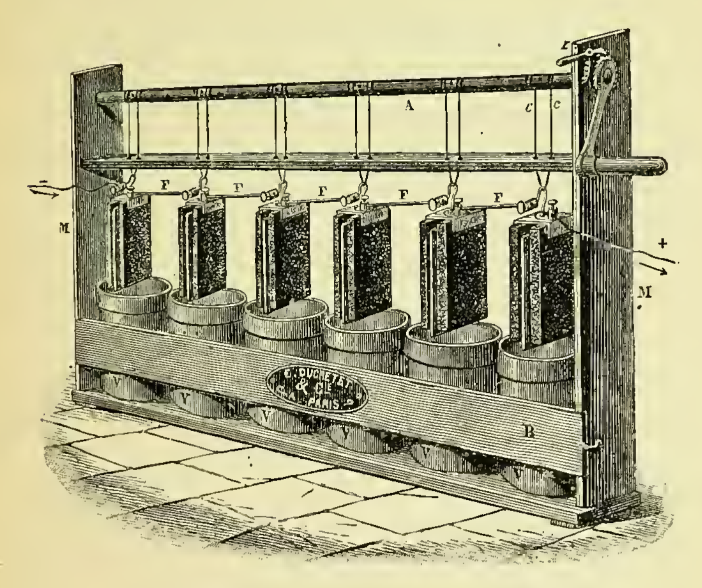


Fig. 5.
Batterie de piles au bichromate.

amalgamé et une solution d'eau acidulée sulfurique au douzième en poids ; les zincs peuvent se trouver suspendus à une traverse à treuil, comme dans le cas de la pile sans vase poreux, de façon à ne pas s'user en circuit ouvert. La force électromotrice est aussi de 2 volts environ.

Pour faire les dissolutions sulfuriques de bichromate destinées aux piles, on opère de la façon suivante :

on dissout d'abord la quantité convenable de bichromate dans l'eau bouillante ; on laisse refroidir et l'on ajoute alors peu à peu avec précaution la proportion nécessaire d'acide sulfurique ; le mélange s'échauffe, on le laisse à nouveau revenir à la température ordinaire, et c'est alors seulement qu'on en garnit les piles.

Il faut également prendre certaines précautions pour la préparation des solutions sulfuriques diluées. Après avoir préparé séparément les quantités indiquées d'eau et d'acide, on verse par petites fractions à la fois l'acide sulfurique dans l'eau, en agitant celle-ci ; il est même bon d'opérer ce mélange dans un vase en verre mince tel qu'un ballon à fond plat, les ustensiles en verre épais risquant de casser par suite de la chaleur dégagée. C'est seulement après refroidissement que le liquide dilué est distribué dans les piles.

Ces deux sortes d'éléments : Bunsen ou bichromate, présentent, comme toutes les piles, quelques inconvénients dont le principal est le dégagement de gaz ou de vapeurs acides, qu'on ne peut jamais empêcher d'une façon complète, quel que soit le soin avec lequel sont montées et entretenues les piles. Il est donc bon, quand on le peut, de les mettre dans un endroit un peu écarté et convenablement aéré.

L'excitation d'une bobine de Rhumkorff du modèle nécessaire à la production des rayons Rœntgen nécessite un certain nombre d'éléments ; on en emploie ordinairement pour cet usage cinq ou six. Quant au mode de couplage à adopter, c'est le couplage en tension (fig. 6) qui présente les plus grands avantages. Il consiste à réunir le pôle négatif d'un élément au pôle positif de l'élément suivant ; le pôle négatif de celui-ci au pôle positif du suivant et ainsi de suite jusqu'à la dernière pile ; le pôle positif du premier élément et le pôle

négatif du dernier restent ainsi libres et peuvent être reliés à la bobine.

Dans l'autre mode de couplage, le couplage en quantité (fig. 7), on réunit tous les pôles positifs des élé-

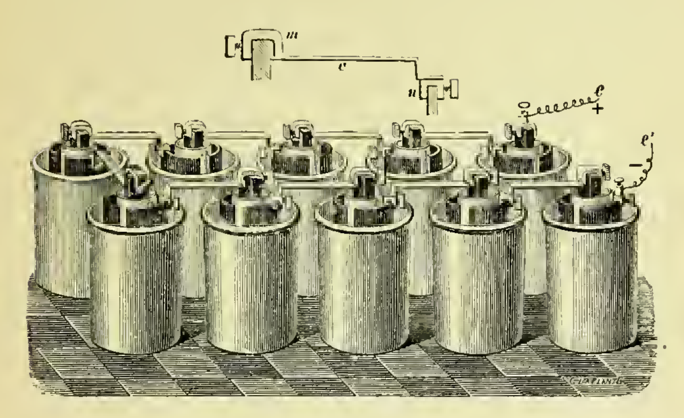


Fig. 6.
Schéma du couplage des piles en tension.

ments et tous leurs pôles négatifs ; ce sont les deux conducteurs résultant de ces deux réunions séparées que l'on doit employer.

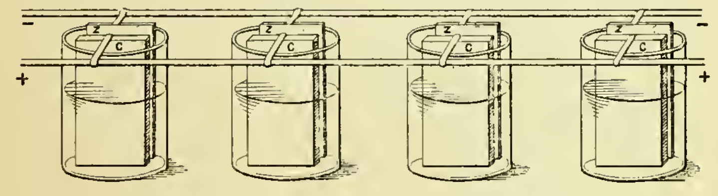


Fig. 7.
Schéma du couplage des piles en quantité.

Le couplage en tension est le plus avantageux, car on démontre, en Electricité dynamique, que, dans ce cas, l'intensité du courant fourni est sensiblement proportionnelle au nombre des éléments qui constituent la pile, tandis que dans le couplage en quantité, l'inten-

sité est indépendante du nombre des éléments (1). Or, comme nous l'avons dit, c'est surtout l'intensité du courant produit qu'il y a lieu de rechercher comme qualité primordiale des piles pour l'emploi que nous en voulons faire.

Pour fonctionner d'une façon normale et régulière, les piles ont besoin d'être montées et entretenues avec soin ; elles donnent généralement dans ces conditions dix à douze heures de fonctionnement à circuit fermé. Quand les liquides sont épuisés, on démonte et on vide les éléments. Les vases sont nettoyés, les plaques de zinc et de charbon sont mises à tremper dans l'eau pendant quelques heures ; les zincs sont réamalgamés, s'il y a lieu ; les bornes de cuivre sont lavées, séchées et passées au papier de verre. Ce n'est qu'après toutes ces précautions que les éléments peuvent être remontés à nouveau et remis en service

On éprouve parfois quelque difficulté pour se débarrasser des liquides acides provenant des piles épuisées ; avant de les jeter dans les tuyaux de vidange, on n'a qu'à les réunir dans une grande terrine et à les saturer par du calcaire ou carbonate de chaux commun, dont le prix est très minime.

Le prix des éléments Bunsen ou au bichromate, dont nous avons parlé, est d'environ 6 à 7 francs, quand il s'agit de piles avec vase poreux, ces dernières étant d'ailleurs préférables.

Les batteries toutes montées de piles au bichromate coûtent environ 40 francs pour six éléments.

Les plaques de charbon sont cotées 0 fr. 50 à 0 fr. 75 suivant la grandeur ; celles de zinc sont du même prix ;

---

(1) Ces affirmations ne sont vraies que quand la résistance extérieure est très grande par rapport à la résistance intérieure de la source d'électricité, ce qui n'est pas complètement exact pour le cas que nous considérons.

cependant les zincs circulaires des piles Bunsen montent à 1 fr. 25. Les bornes de cuivre varient de 0 fr. 25 à 0 fr. 60 suivant qu'elles sont simples ou composées ; enfin les conducteurs valent généralement 0 fr. 20 à 0 fr. 30 le mètre, selon qu'ils sont isolés au coton ou à la gutta.

Quant au chargement des éléments, on peut l'évaluer de 0 fr. 40 à 0 fr. 50 pour le modèle moyen des piles Bunsen ou au bichromate.

L'usure des zincs, charbons et bornes de cuivre est très faible, si l'on a bien soin de leur entretien ; l'emploi des piles est donc peu onéreux, une fois la première mise de fonds effectuée.

II. — LES ACCUMULATEURS

Pour définir théoriquement l'accumulateur, reprenons notre pile formée d'eau acidulée sulfurique dans laquelle plongent deux lames, une de zinc et une de charbon ; pendant son fonctionnement, il s'est formé du sulfate de zinc. Si, dans cette cuve électrolytique contenant du sulfate de zinc, on fait entrer le courant d'une autre pile ordinaire par deux électrodes de platine, on observe, aussitôt le dépôt de zinc formé, l'existence d'une force électromotrice de sens contraire à celle du courant principal ; si on enlève la pile extérieure et qu'on réunisse les deux électrodes, on obtient un nouveau courant ; on a constitué ainsi une pile secondaire ou accumulateur.

Dans la pratique, ces appareils (fig. 8) sont formés, en principe, de deux lames de plomb C et C′ séparées électriquement et plongeant dans de l'eau acidulée au dixième (en volume) par de l'acide sulfurique. On forme les accumulateurs en y faisant passer un courant pro-

duit d'une manière quelconque (pile ou machine dynamo), chaque lame de plomb étant reliée à l'un des pôles en M et M' ; on obtient alors, au bout d'un certain temps et par divers procédés, une lame de plomb posi-

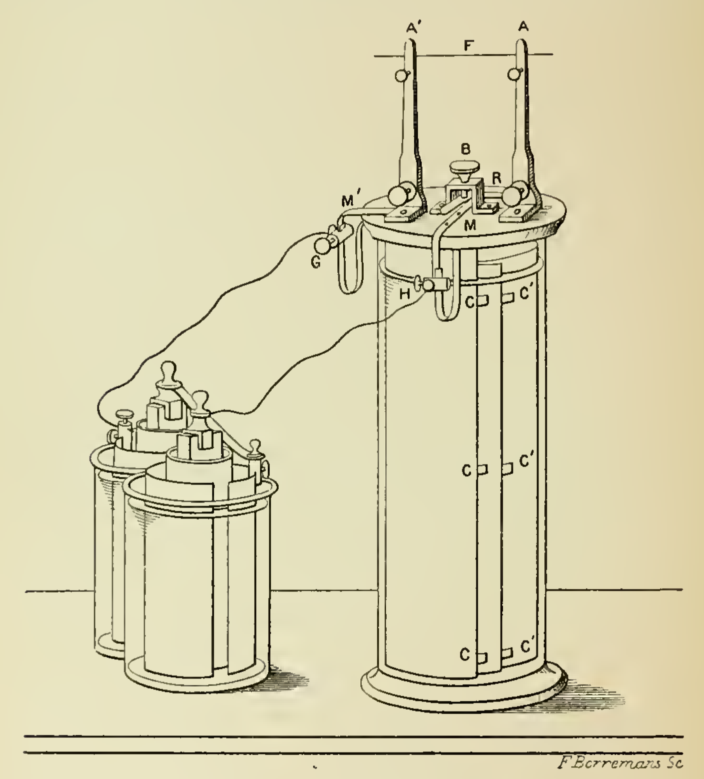


Fig. 8.
Accumulateur Planté.

tive peroxydée profondément, la lame négative étant transformée sur la plus grande épaisseur possible en plomb réduit spongieux ou cristallin. On n'a plus alors qu'à supprimer la source extérieure d'électricité et à employer l'accumulateur, comme une pile ordinaire.

Il existe un grand nombre de types d'accumulateurs,

dans le détail desquels nous ne pouvons entrer, mais dont le principe est presque toujours celui que nous venons d'exposer.

Tels sont les accumulateurs Planté, Dujardin, de la Société pour le Travail électrique des métaux, Julien, Faure, Tudor, Blot, etc. Ils donnent généralement une force électromotrice de 2 volts environ.

L'emploi des accumulateurs pour la production des rayons Rœntgen est donc absolument comparable à celui des piles. Toutes les sortes courantes d'accumulateurs peuvent servir ; on doit en réunir 5 ou 6 et les coupler en tension pour le même motif que nous avons invoqué pour les piles.

Dans certains cas, on pourra trouver plus commode l'usage des accumulateurs, soit qu'on se les fasse livrer tout chargés par une société électrique comme il en existe dans les grandes villes, soit qu'on les mette soi-même en charge avec le courant distribué par les usines centrales. Dans ce dernier cas, il faut compter une dépense primitive de 70 à 80 francs pour une batterie de six accumulateurs.

Quant aux sociétés qui entreprennent l'entretien à forfait des accumulateurs, elles demandent une redevance annuelle variant de 5 à 15 p. 100 du prix de vente.

III. — LE COURANT FOURNI PAR LES USINES CENTRALES

1. Un grand nombre d'usines électriques distribuant aujourd'hui du courant continu par canalisation aérienne ou souterraine dans la plupart des villes, il était intéressant de considérer cette alimentation spéciale d'électricité pour l'excitation des bobines de Rhumkorff.

Les courants continus sont fournis généralement sous une différence de potentiel de 110 volts ; mais l'intensité du courant serait trop considérable pour qu'on puisse relier directement les bornes de prise du courant à celles de la bobine ; il faut avoir soin de faire une dérivation du courant dans un rhéostat ; cet appareil se compose de plusieurs bobines sur lesquelles sont enroulés des fils d'une grande longueur ; un contact particulier permet de comprendre sur le trajet du courant un nombre de bobines plus ou moins grand et de faire varier ainsi son intensité ; c'est la résistance

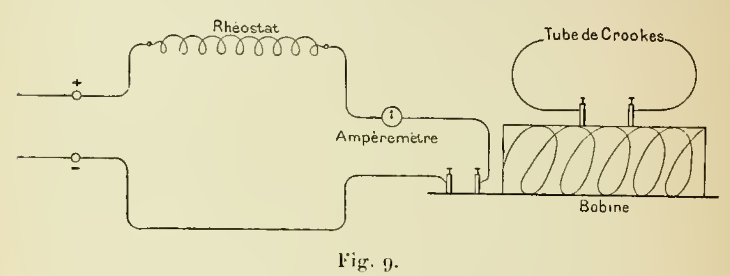


Fig. 9.
Montage d'une prise de courant pour l'obtention des rayons X.

que le fil offre au passage du courant qui provoque l'affaiblissement de l'intensité. On opère donc le montage ci-contre (fig. 9) ; les bornes de prise du courant sont mises en rapport avec celles du rhéostat ; ces dernières sont aussi reliées d'autre part aux bornes de l'inducteur de la bobine en ayant soin d'intercaler un ampèremètre sur le trajet d'un de ces fils. On commence par mettre le contact spécial du rhéostat sur la borne correspondant à la plus grande diminution d'intensité du courant ; on observe l'ampèremètre et on augmente peu à peu l'intensité en changeant de borne jusqu'à ce que le nombre d'ampères (unités d'intensités) marqué par l'ampèremètre soit égal à celui indiqué par le fabricant sur la

bobine comme étant l'intensité normale qui lui correspond.

En opérant avec ces précautions, on évite ainsi des accidents qui pourraient mettre la bobine hors de service.

La dépense résultant de l'opération est facile à calculer : le courant continu distribué à 110 volts se paie à raison 0 fr. 15 l'hecto watt-heure.

La prise du courant étant faite généralement, dans le cas qui nous occupe, à l'intensité de 3 à 4 ampères, la dépense peut aller de :

110 volts × 3 ampères = 330 watt-heures,
à 110 volts × 4 ampères = 440 watt-heures (1).

c'est-à-dire de 0 fr. 50 à 0 fr. 65 environ par heure.

2. Si l'on voulait employer le courant fourni par les usines centrales à charger des accumulateurs, on opérerait un montage identique à celui que nous venons de signaler, en remplaçant la bobine par la batterie d'accumulateurs et en laissant monter l'ampèremètre jusqu'à 5 ampères, ce dernier chiffre étant le régime normal de charge des accumulateurs les plus employés. Pour cette opération, les accumulateurs devraient être reliés entre eux en tension.

(1) Ce calcul n'est pas rigoureusement exact ; mais il est suffisamment approximatif dans la pratique courante.

CHAPITRE II

La bobine.

La bobine de Rhumkorff est un transformateur d'électricité, un appareil destiné à transformer un courant de grand débit et de faible pression en un courant de plus faible débit mais de pression bien supérieure. Elle est basée sur les propriétés de l'*induction*.

Si l'on fait passer dans un fil assez gros enroulé en hélice un courant intermittent présentant les qualités que nous avons indiquées en premier lieu, ce courant produira chaque fois, dans un fil fin, entourant le premier sans le toucher, un nouveau courant dont les qualités seront modifiées de la façon signalée. Le courant primaire passant dans le gros fil est dit courant inducteur ; le courant secondaire produit dans le fil fin est dit courant induit. M. Rhumkorff a profité de ces propriétés pour construire en 1851 l'appareil qui porte son nom et qui a subi depuis quelques modifications importantes.

Il se compose (fig. 10) de deux bobines : l'une intérieure, enroulée autour d'un noyau de fer doux et faite d'un gros fil peu résistant *ab*; elle est parcourue par le courant inducteur ; l'autre qui recouvre la première, est constituée par un enroulement de fil long et fin dans

lequel doit prendre naissance le courant induit et dont les extrémités aboutissent aux bornes *i* et *i'*. Tous ces fils doivent être rigoureusement isolés.

La première bobine recevant un courant inducteur intermittent développera dans la seconde des courants

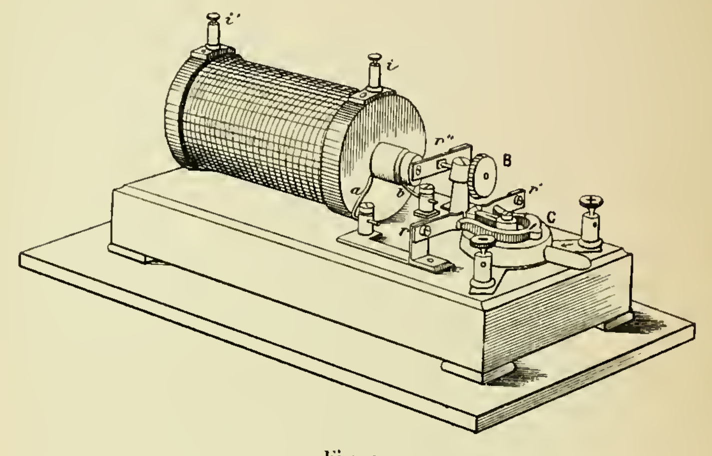


Fig. 10.
Bobine de Rhumkorff.

induits alternativement de sens contraire et qui se rendent aux bornes de l'appareil où on peut les recueillir et les conduire à l'endroit où ils doivent être utilisés.

1. On comprend, d'après cela, que deux points du fil induit appartenant à deux couches voisines sont séparés en réalité de toute la longueur de fil formant une couche ; il peut exister alors entre ces deux points voisins une grande différence de potentiel, telle que les isolants soient percés par une étincelle qui jaillira entre eux ; la bobine sera dite « crevée » et sera diminuée effectivement de toute la longueur de fil comprise entre les deux points atteints. On a remédié à ce grave inconvénient par le système des bobines cloisonnées

qui se composent d'une série de bobines peu épaisses séparées par des isolants et dont les extrémités des fils sont soudées bout à bout ; on n'a plus dès lors à craindre de très grandes différences de potentiel entre les couches de fil voisines ; l'isolement est mieux garanti et l'appareil ne risque pas d'être mis hors de service.

2. Les interruptions du courant inducteur, nécessaires pour provoquer le développement du courant induit, sont obtenues par divers systèmes.

Celui adopté par Foucault et dû à de la Rive consiste (fig. 10) en un marteau de fer doux soutenu par une lame métallique flexible r'' et se trouvant en regard du noyau de fer doux de la bobine qui se trouve aimanté à chaque production de courant ; ce marteau est d'autre part appuyé en arrière sur un contact à vis B dont on doit régler de temps en temps la distance au marteau. Quand le courant de la pile est lancé dans l'inducteur, ce noyau de fer doux s'aimante, attire le marteau qui, cessant dès lors de s'appuyer sur le contact à vis, provoque l'interruption du courant ; par suite le noyau se désaimante, le marteau reprend sa position primitive par suite de l'élasticité de la lame métallique qui le supporte et le courant passe de nouveau. La même série de phénomènes se reproduisant constamment à chaque production et à chaque rupture du courant, il se développe dans l'induit un courant modifié de la façon indiquée. Un commutateur inverseur spécial C permet de changer à volonté le sens du courant inducteur.

Il arrive presque toujours que, entre la pièce soutenant le marteau et le contact à vis, des étincelles électriques de rupture éclatent et provoquent une rapide usure du métal. On évite cette usure en doublant ces

contacts avec des lames de platine plus ou moins épaisses, qui finissent aussi cependant par être percées quand la bobine fonctionne pendant un temps assez long.

Comme ce dernier cas se présente précisément dans la production des rayons X, M. Gaiffe a imaginé à cet effet une modification du trembleur ordinaire qui l'empêche de s'altérer aussi rapidement. Pour cela, la contre-plaque de contact est pourvue d'un mouvement de rotation au moyen d'une petite dynamo actionnée par une dérivation du courant primaire.

L'usure est ainsi plus régulière et le réglage se conserve plus longtemps. Voici d'ailleurs l'instruction que donne M. Gaiffe pour son « trembleur rotatif », ainsi qu'il a appelé le trembleur modifié :

« Ce trembleur, genre Neef, a été modifié pour lui assurer une marche continue, quelle que soit la durée d'emploi, et une usure régulière des platines.

« Il se compose essentiellement d'une lame vibrante et d'un bouton de réglage, munis chacun d'un platine. Les vibrations sont entretenues par les aimantations et les désaimantations successives du faisceau de la bobine.

« Dans notre trembleur, le bouton de réglage, au lieu d'être simplement vissé dans une colonne, est porté dans un axe mobile qui permet de le faire tourner continuellement et d'empêcher ainsi l'usure irrégulière et le collage des platines. Le mouvement de rotation est produit par un petit moteur électrique, engrenant avec une roue dentée qui entraîne l'axe.

« Le moteur électrique est actionné par la source même qui fait marcher la bobine. Deux résistances ayant une self-induction assez considérable sont mises en circuit avec le moteur et servent : 1° à réduire

la tension du générateur, qui serait trop forte ; 2° à empêcher l'extra-courant de rupture de la bobine de passer sous forme d'étincelle dans le moteur.

« Pour régler le trembleur à la tension voulue, il faut, tenant la roue dentée, desserrer un écrou molleté qui fixe la vis dans son axe, et on peut alors la faire avancer ou reculer suivant les besoins. Le réglage fait, le même écrou resserré maintiendra les pièces en place.

« Il est nécessaire pour assurer le bon fonctionnement du trembleur, que les axes de rotation du moteur et du bouton de réglage soient toujours entretenus suffisamment graissés. Des trous sont percés *ad hoc* dans les paliers. »

Enfin pour les bobines de grandes dimensions, Foucault a construit un autre interrupteur formé d'un ressort vertical supportant un fléau. A l'une des extrémités de ce fléau se trouve le marteau sous forme d'une masse de fer doux ; à l'autre extrémité est une tige de platine qui se termine à peu de distance d'une masse de mercure contenue dans un godet et recouverte d'alcool absolu. Quand, par une tension du ressort, on plonge la tige de platine dans le mercure, le noyau central de la bobine est aimanté et attire le marteau ; le fléau se redressant, la tige cesse de plonger dans le godet et l'interruption a lieu ; le fléau n'étant plus attiré, le fil de platine plonge de nouveau dans le mercure et ainsi de suite. On peut faire varier le nombre d'oscillations de cet interrupteur en changeant son moment d'inertie par le déplacement d'une masse mobile ; mais il est destiné surtout aux alternances peu rapides.

3. Il est une dernière modification que l'on fait subir aujourd'hui à toutes les bobines et qui a été imaginée

par Fizeau; nous voulons parler de l'adjonction du condensateur.

Cet appareil avait pour but d'éviter entre le marteau et le contact la production des fortes étincelles dues à l'extra-courant de rupture et qui mettaient rapidement hors de service les surfaces de platine dont nous avons parlé ; le condensateur a encore pour effet d'augmenter la force électromotrice de l'induit en supprimant l'extra-courant de rupture qui prolongeait le courant inducteur au moment où il devait cesser et qui diminuait ainsi l'effet produit.

Le condensateur, qui se trouve renfermé dans le socle de la bobine, se compose d'un assez grand nombre de feuilles d'étain (150 dans les grands appareils) qui, par leur réunion, forment deux armatures collées sur les deux faces d'une bande de taffetas gommé qui les isole. L'armature positive se rend à une borne qui reçoit le courant à sa sortie de la bobine ; l'armature négative communique avec une borne reliée au commutateur et par suite à la pile.

Dès lors, au moment de la rupture du courant inducteur, l'extra-courant se rend dans le condensateur et le charge ; mais il se décharge aussitôt en produisant un courant qui traverse la bobine inductrice et la pile en sens contraire du courant inducteur qui vient de se terminer ; il désaimante instantanément le noyau de fer doux ; le courant induit est donc d'une plus courte durée et par suite plus intense ; il permet avec une même bobine d'obtenir des étincelles beaucoup plus fortes.

4. Pour le but que nous nous proposons, c'est-à-dire pour l'obtention des rayons Rœntgen, il est de toute nécessité, pour avoir de bons résultats, d'employer une bobine assez forte.

On a constaté que l'emploi d'une bobine donnant 7 à 8 centimètres d'étincelle est généralement assez avantageux; la plupart des clichés de rayons X obtenus jusqu'ici dans les laboratoires ont été exécutés avec des bobines de cette dimension. Cependant, dans beaucoup de services dans lesquels la photographie de l'invisible s'est créée une spécialité, on fait souvent usage de bobines donnant 10 à 20 centimètres d'étincelle.

En définitive, on peut très bien opérer avec une bobine donnant une longueur d'étincelle de 7 à 8 centimètres et qui coûte environ 300 francs; quant aux systèmes d'interrupteurs, il est difficile d'en recommander spécialement; ils ont tous leurs avantages et leurs inconvénients ; mais il importe de les tenir en bon état et de bien régler le contact entre le marteau et la pile. Le même soin doit présider à l'entretien de la bobine ; on doit la manier avec précaution et éviter surtout d'y faire passer des courants trop intenses qui pourraient l'avarier et la mettre hors de service.

CHAPITRE III

Le tube de Crookes.

Prenons un tube de verre cylindrique fermé à une de ses extrémités et étiré à l'autre ; faisons pénétrer à travers le verre, en deux endroits différents du tube, deux fils de platine reliés aux bornes du courant induit d'une bobine de Rhumkorff excitée par un courant électrique ; puis au moyen d'une machine à vide, d'une trompe à mercure par exemple, mise en communication avec l'extrémité effilée du tube, enlevons peu à peu l'air qui s'y trouve. Nous observerons alors la série des phénomènes suivants : l'étincelle électrique éclatait tout d'abord entre les deux fils de platine, entre les deux pôles, en produisant le bruit éclatant et sec bien connu de tous ceux qui ont assisté à des expériences de physique ; au fur et à mesure que l'air est aspiré par la trompe, le bruit diminue et l'étincelle change complètement d'allure. Arrivé à un certain degré de vide, le passage du courant dans le tube se traduit par une vive lueur qui se répand dans celui-ci et les étincelles se produiront d'autant plus longues et d'autant plus brillantes que le milieu où elles éclateront sera plus raréfié ; elles se transformeront peu à peu en aigrettes d'apparence continue, puis en de sim-

ples lueurs entourant les deux pôles d'une façon plus ou moins symétrique. On a obtenu ainsi successivement les phénomènes des tubes de Gessler (fig. 11) puis ceux du tube de Crookes ; ces derniers ne se produisent

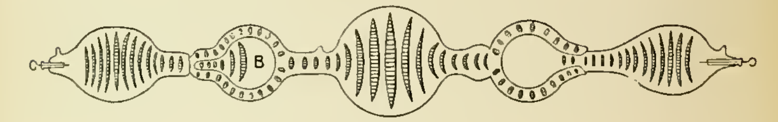


Fig. 11.
Tube de Gessler.

qu'au moment où le vide est poussé dans le tube à un degré extrême ; on observe alors un espace obscur autour du pôle négatif, tandis qu'à l'autre extrémité le verre devient fortement fluorescent ; entre ces deux points se trouve une série de stratifications lumineuses.

1. Au delà d'un certain degré de vide, comme celui qui correspond au tube de Crookes, les phénomènes ne dépendent plus de la distance et de la position relative des deux pôles dans le tube. Ainsi que l'a démontré Hittorf, « la lueur négative est formée de rayons rectilignes, car un corps solide quelconque, isolant ou conducteur, l'interrompt sans l'infléchir et porte ombre sur les parois du tube. Sa direction est indépendante de la position de l'électrode positive. Ainsi quand l'électrode négative est dirigée en sens contraire de la première, la lueur bleue ne se recourbe pas pour se tourner vers le pôle positif[1]». On peut se rendre compte de ce phénomène par l'appareil ci-contre (fig. 12) formé d'une ampoule de verre dans laquelle on peut à volonté faire le vide et où aboutissent trois élec-

(1) Analyse de Berlin.

trodes filiformes destinées à être mises en relation avec le pôle positif d'une source électrique et d'une électrode concave correspondant au pôle négatif. Tant qu'il existe dans l'appareil une certaine pression, les étincelles passent bien entre les électrodes, quel que soit le chemin qu'elles sont obligées de parcourir ; mais à partir

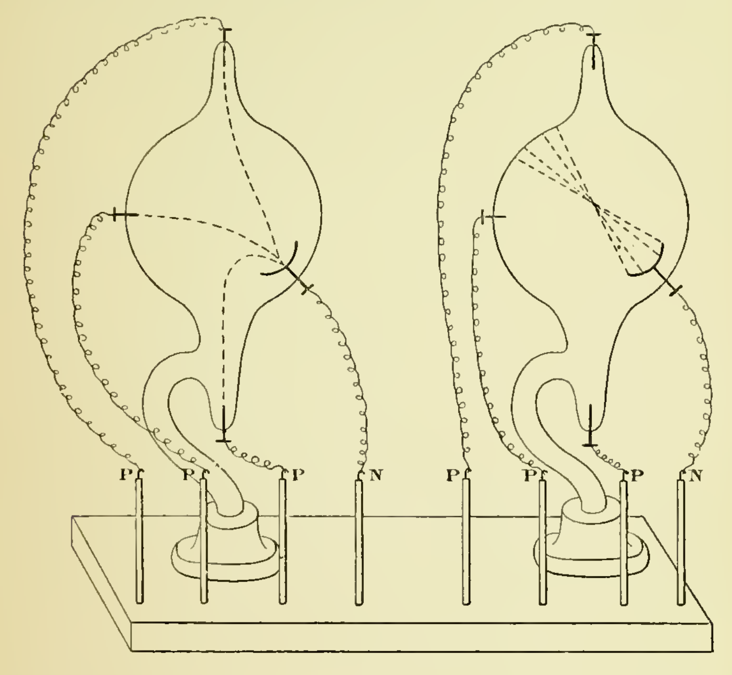


Fig. 12.
Appareil pour montrer la propagation rectiligne des rayons cathodiques.

d'un certain degré de vide, il n'en est plus ainsi et la cathode, envoyant ses rayons en ligne droite, forme en face de l'électrode négative une tache lumineuse.

Or, comme c'est précisément à l'endroit où ces rayons cathodiques frappent le tube que prennent naissance les rayons X, ainsi que l'a démontré Rœntgen, on comprend donc qu'un certain vide assez considé-

rable soit nécessaire pour l'obtention des rayons invisibles.

2. Les premiers tubes dont on s'est servi étaient en forme de poire très allongée (fig. 13) ; la cathode C était située à la partie supérieure et était constituée par un disque d'aluminium ; l'anode A se trouvait sur le côté et se terminait par un fil de platine ordinaire. En face se trouvait une tubulure effilée qui, étant reliée avec une trompe à mercure, avait servi à opérer la raréfaction de l'air, mais une fois celle-ci obtenue d'une façon convenable, la tubulure était scellée à la lampe et servait au besoin à fixer le tube à un support quelconque. D'après l'expérience que nous avons signalée, quand le courant émanant de la bobine passait dans un tube ainsi disposé, en ayant soin de relier le pôle négatif de la bobine à la cathode du tube, la partie du verre B située en face cette cathode s'illuminait et devenait fluorescente en donnant naissance à une certaine quantité de rayons Rœntgen. L'un des inconvénients de ce tube était la surface relativement grande sur laquelle prenaient naissance ces rayons, ce qui provoquait leur dispersion et diminuait leur efficacité ; la netteté des épreuves obtenues s'en ressentait naturellement et pour obtenir de beaux clichés, on était obligé de diaphragmer, ce qui augmentait le temps de pose et réduisait la portion utile des radiations obscures.

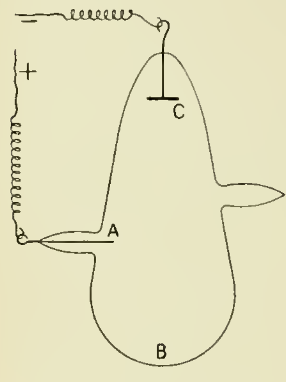


Fig. 13.
Tube de Rœntgen.

3. M. Colardeau évita cet inconvénient en faisant usage d'une ampoule spéciale qui avait la forme d'un cylindre de faible diamètre et fermé à ses deux extrémités ; la cathode fermait exactement ce tube et l'anode était située sur le côté comme dans le tube ordinaire. La surface qui donne naissance aux rayons X, l'anticathode (1) comme on l'a appelée, se réduisait alors à un cercle très petit et les radiations produisaient des clichés beaucoup plus nets.

Ce tube ayant à peu près les dimensions d'une cigarette, on avait dû y adjoindre un réservoir supplémentaire pour éviter les trop grandes variations de pression.

4. Mais ces diverses sortes de tubes dont l'anticathode est en verre présentent quelques inconvénients ; à l'endroit où le tube est frappé par les rayons cathodiques, il s'échauffe et peu à peu devient poreux tandis que la pression monte à l'intérieur. Aussi se sert-on surtout maintenant d'ampoules dans lesquelles les rayons X prennent naissance par la rencontre des rayons cathodiques avec un écran de métal placé à l'intérieur du tube et remplissant le rôle d'anticathode ; on la fait généralement en platine. Ces tubes sont connus sous le nom de tubes focus (tubes à foyer) (fig. 14).

Dans ces ampoules, on donne à la cathode B une forme concave telle que le foyer des rayons cathodiques se forme sur la lame de platine A jouant le rôle d'antica-

---

(1) Il ne faut pas confondre cette anticathode avec l'anode, la première est la partie du tube située en face la cathode et qui produit les rayons X quand elle est frappée par les rayons cathodiques ; la seconde est simplement le point d'arrivée du pôle positif et peut se trouver, comme nous l'avons dit, en un point quelconque du tube.

thode ; dans ces conditions, l'intensité des rayons X qui prennent naissance est plus considérable.

M. Colardeau a modifié le tube focus de manière à mieux utiliser les rayons cathodiques. M. Ch.-Ed. Guillaume donne, de cette modification, la description suivante (1) :

« Dans sa nouvelle ampoule (fig. 15), la cathode N, de très petites dimensions, remplit presque complètement le tube et se trouve encastrée dans une petite

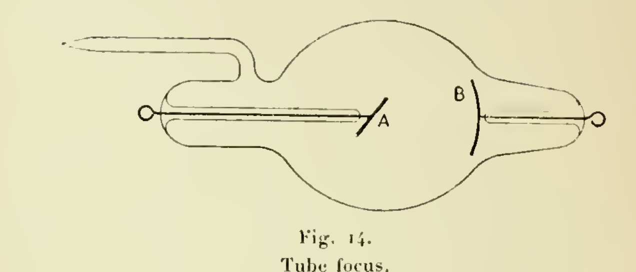


Fig. 14.
Tube focus.

calotte de verre qui supprime les actions à sa face postérieure. L'anticathode est placée aussi près que possible de la cathode de manière à utiliser toute l'énergie du flux cathodique. Si nous admettons la théorie du bombardement, on peut prévoir que les rayons cathodiques s'affaiblissent lorsque leur longueur augmente. Deux causes distinctes peuvent agir pour produire cette action ; d'une part, la rencontre d'autres particules matérielles sur le trajet des ions formant le bombardement ; d'autre part, les actions électro-dynamiques. De plus, il est avantageux de donner, à l'ensemble des électrodes, des dimensions telles que le foyer formé sur l'anticathode soit toujours très petit. On sait, en effet, par les recherches de M. Goldstein, qu'a véri-

(1) *La Nature*, n° 1211, 15 août 1896.

fiées M. Colardeau, que le foyer des rayons cathodiques est variable, et se trouve presque toujours au delà du foyer du miroir que forme la cathode On s'exposerait donc à des mécomptes si l'on cherchait toujours le point le plus petit du faisceau à la rencontre des normales à la cathode.

« On sait enfin que la paroi de verre du tube absorbe fortement les rayons X. Il y a donc tout intérêt à la rendre aussi mince que possible pour réduire l'absorption à son minimum ; or le tube de M. Colardeau présente, à cet égard, un avantage marqué sur les ampoules de plus fortes dimensions. Plus un tube est petit, plus on peut l'amincir sans craindre de le voir se pulvériser sous la pression atmosphérique. Cependant, pour le rendre maniable, il faut lui conserver une suffisante rigidité, sans laquelle on serait exposé à l'écraser dans la main à la moindre manipulation. C'est pourquoi M. Colardeau n'amincit que la partie du tube

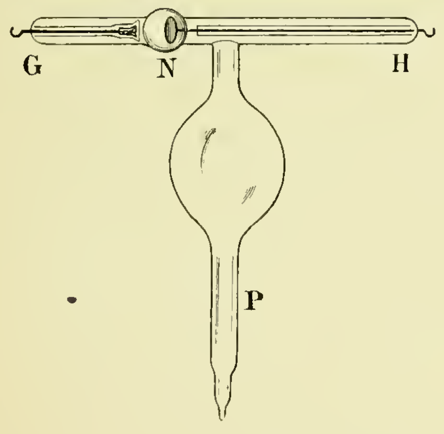


Fig. 15.

Tube focus Colardeau. — G, électrode positive ; H, électrode négative ; N, petite ampoule entourant la cathode et dont les parois émettent des rayons X ; P, partie du tube par où l'on fait le vide.

traversée par les rayons X; dans ce but, il souffle une sorte de verrue dans les parois du verre à l'endroit que traversent les rayons. »

5. M. Violle a signalé l'emploi, pour la production des rayons X, d'une lampe à incandescence ordinaire dans laquelle, comme on le sait, le vide est poussé très loin ; on y produit la décharge à l'aide de deux électrodes extérieures : la cathode étant constituée par une feuille d'étain enveloppant la base de la lampe, l'anode par une bande fixée sur l'équateur de l'ampoule.

6. Enfin, on construit maintenant des tubes à grand rendement en rayons X en les alimentant au moyen de bobines d'induction très puissantes et pouvant donner 40 centimètres d'étincelle; parmi ces tubes, nous cite-

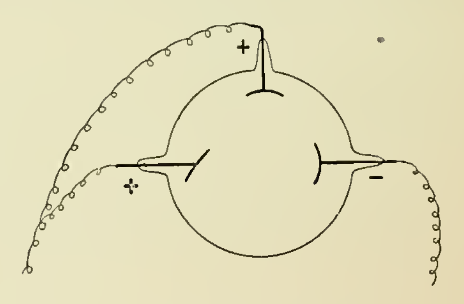


Fig. 16.
Tube bianodique Séguy.

rons les ampoules bianodiques de M. Séguy. Cet appareil (fig. 16) possède, comme son nom l'indique, deux pôles positifs : l'un d'eux, formé par un miroir de platine, reçoit les rayons cathodiques émis par le pôle négatif et les transforme en rayons X, comme dans les tubes focus ; l'autre, constitué par un miroir concave, a pour fonction, suivant M. Séguy, de réunir, de renvoyer

toutes les radiations qui échappent à l'action du miroir de platine ; à cet effet, il est placé en face l'endroit où sortent les rayons de Rœntgen émis par cette lame de platine. Le fil venant du pôle positif de la bobine est dédoublé pour alimenter le double pôle, le fil négatif restant unique.

Cette ampoule, que son auteur construit suivant de grandes dimensions, produit des effets très puissants. Elle permet, par exemple, avec le dispositif de la fluoroscopie, d'apercevoir le larynx, la colonne vertébrale, les côtes, le bassin d'une personne quelconque. Au point de vue de la photographie, il est possible, avec cet appareil, d'exécuter, avec une pose de une à deux heures au plus, des radiographies très nettes des diverses parties du tronc, tous les détails étant marqués d'une façon saisissante.

L'ampoule de M. Séguy est exécutée également suivant des modèles de plus petites dimensions et peut alors s'employer avec les appareils ordinaires, piles et bobine, que nous avons signalés.

7. Dans l'indication du fonctionnement de tous ces tubes, nous avons insisté sur la nécessité de relier le pôle négatif de la bobine au pôle de l'ampoule indiqué comme devant être la cathode On comprend en effet que, sans cela, le trajet des rayons cathodiques se trouverait complètement modifié et les rayons Rœntgen ne prendraient pas naissance à l'endroit convenable. De plus, ce fonctionnement inverse pourrait amener des avaries dans certains systèmes de tubes.

On peut être assuré que le commutateur de la bobine de Rhumkorff est en bonne position quand au point désigné comme anticathode, on observe dans l'obscurité une belle fluorescence verdâtre ; c'est là que se trouve

l'origine des rayons X. Si on n'observe pas cette coloration, il faut immédiatement inverser le commutateur.

La meilleure façon d'éprouver un tube de Crookes, c'est-à-dire de constater son rendement approximatif en rayons X, consisterait évidemment à effectuer une opération avec ce même tube et à voir si son efficacité est réelle ; mais dans nombre de cas cette vérification est impossible sur le lieu même, faute de temps ou d'appareils ; on peut alors employer une méthode basée sur une propriété assez singulière de ces rayons et que nous avons déjà mentionnée : nous voulons parler du pouvoir que possèdent les radiations Rœntgen de décharger les corps électrisés (1). Si, en effet, on soumet au voisinage des rayons X un électroscope chargé, c'est-à-dire dont les deux feuilles d'or divergent notablement, la décharge a lieu presque instantanément et les deux feuilles se rejoignent.

On n'a donc, lors de l'achat d'un tube et pour s'assurer de son bon fonctionnement, qu'à le monter sur une bobine de Rhumkorff et à en approcher un électroscope chargé ; la décharge doit se faire en deux ou trois secondes.

Comme électroscope, on peut employer l'appareil ordinaire des cabinets de physique ou le modèle de M. Hurmuzescu ; la charge s'opère en touchant à plusieurs reprises l'armature extérieure avec un agitateur de verre préalablement frotté ou en mettant cette armature en contact avec un des pôles de la bobine de Rhumkorff.

---

(1) M. Perrin a même constaté que les rayons X auraient la curieuse propriété de décharger les corps électrisés sans avoir besoin de les rencontrer ; ce qui conduit à penser que, pour les rayons de Rœntgen, les tubes de force jouent le rôle de conducteurs.

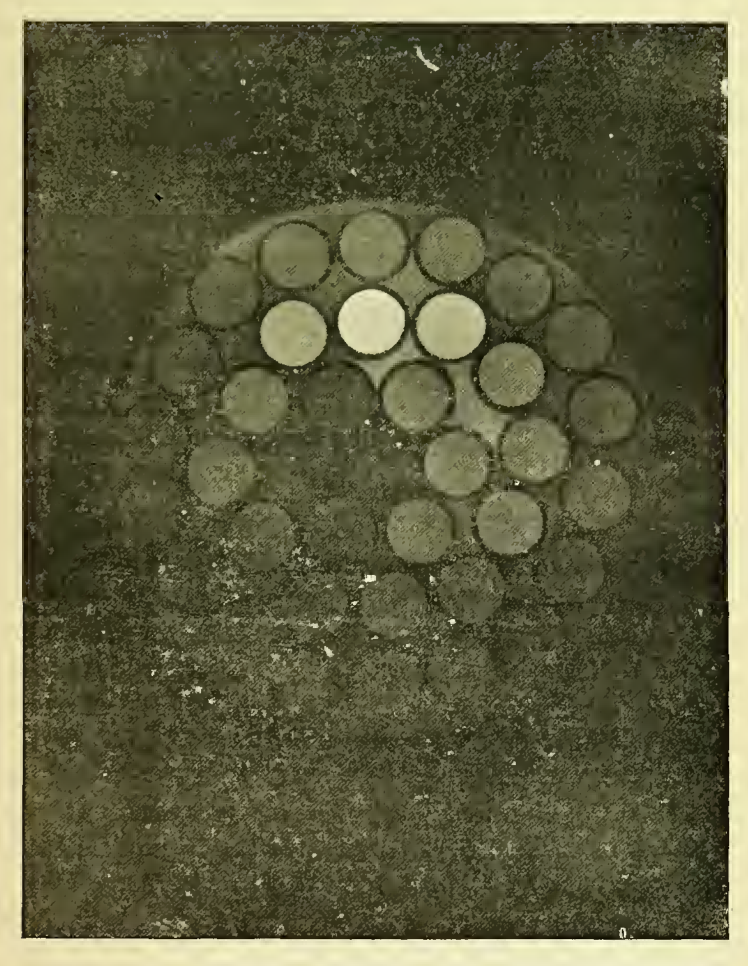


Fig. 17.
Exploration d'un tube de Crookes.

8. Un autre mode d'épreuve des tubes de Crookes repose sur le pouvoir que possèdent les rayons X de rendre fluorescents certains corps tels que les platinocyanures de baryum et de potassium, le tungstate de calcium impur, etc. Cette propriété sur laquelle nous reviendrons plus loin en détail peut être mise à profit de la façon suivante : on fait fonctionner dans l'obscurité le tube de Crookes à essayer et on expose devant lui un écran recouvert d'une des substances citées, écran que l'on trouve tout préparé chez les fabricants ; d'après le degré de fluorescence obtenu et en faisant varier la place de l'écran, on peut juger de la divergence et du rendement approximatif du tube en rayons Rœntgen.

Enfin si on se trouve dans un endroit où l'on puisse faire une épreuve directe par la photographie, MM. Imbert et Bertin-Sans, de Montpellier, recommandent la méthode ci-dessous (1) :

« Pour déterminer la valeur relative des diverses régions d'un même tube ou de tubes différents, nous avons employé au début de nos recherches le procédé suivant :

« Nous réunissons en un faisceau cylindrique un certain nombre de tubes de cuivre d'un centimètre environ de diamètre et d'une longueur commune de 2 à 3 centimètres. Ce faisceau cylindrique est fixé dans une ouverture circulaire, pratiquée dans une lame métallique opaque aux rayons X, et posé sur la plaque sensible, tandis que le tube de Crookes est placé immédiatement au-dessus des tubes de cuivre. On met le tube de Crookes en activité pendant un certain temps (trente secondes dans nos expériences), puis on développe la

(1) *La Presse médicale*, n° 55, 8 juillet 1896.

plaque sensible. On obtient ainsi (fig. 17), à travers chacun des tubes de cuivre, une impression en rapport avec le rendement en rayons X de la région correspondante du tube phosphorescent et la juxtaposition des impressions ainsi produites permet de juger facilement de la valeur relative des diverses régions. Pour comparer plusieurs tubes entre eux, il est bon de les faire agir sur la même plaque, ce qu'il est facile de réaliser en amenant successivement le faisceau des tubes de cuivre sur des parties différentes de cette plaque, à chaque changement du tube phosphorescent à examiner. »

Dans le tube de Crookes, le vide doit être poussé jusqu'à quelques millièmes de millimètre de mercure, les rayons X prennent naissance dès l'apparition de la plus légère fluorescence du verre ; leur quantité augmente à mesure que l'on pousse le vide, puis après avoir passé par un maximum, elle décroît rapidement, quand on se rapproche du vide parfait qui, ainsi que nous l'avons dit, s'oppose à la production des rayons cathodiques, et, par suite, à celle des rayons Rœntgen.

Quel que soit le système adopté pour la production des rayons X, il est de toute importance que le tube qui sert à les produire conserve un certain degré de vide. Généralement après quelque temps de service l'ampoule n'est plus en bon état. Si l'anticathode est en verre la pression monte peu à peu par suite de l'échauffement de la partie frappée par les rayons cathodiques, échauffement qui rend le verre légèrement perméable. Si on a affaire à des anticathodes métalliques, celles-ci peuvent absorber ou laisser échapper du gaz et nuire ainsi au bon fonctionnement de l'appareil. Dans certains cas, le métal du foyer peut être partiellement volatilisé et se déposer sur le verre de l'ampoule qui se trouve alors hors de service.

Le meilleur procédé pour maintenir un vide convenable dans le tube de Crookes serait assurément de le laisser relié à demeure avec une trompe à mercure. Ce dernier appareil, dans le détail duquel nous ne pouvons entrer, se compose en principe d'un tube vertical de 1 m. 50 de long environ et se divisant à sa partie supérieure en deux branches recourbées communiquant l'une avec un réservoir de mercure situé au-dessus de l'appareil, l'autre avec l'endroit où l'on désire faire le vide. Le mercure en s'écoulant goutte à goutte dans le grand tube entraîne entre ces gouttes un certain volume d'air qui se dégage dans l'atmosphère à la partie inférieure du tube qui plonge dans une cuve à mercure. Par suite de cet entraînement continu d'air, la pression diminue peu à peu dans l'enceinte fermée mise en rapport avec la trompe, et le vide peut y atteindre le degré nécessaire à la production des rayons X. Pour entretenir ce vide, on n'aurait donc qu'à faire fonctionner la trompe pendant quelque temps si l'on s'apercevait d'une augmentation de pression dans l'appareil.

Mais, dans la pratique courante de la photographie de l'invisible, ce procédé ne peut guère être employé à moins de disposer d'un cabinet de physique bien monté. Pour obvier à ces inconvénients et pour augmenter la durée des tubes de Crookes, on peut recourir à divers artifices.

Tout d'abord, lorsqu'on a affaire à un tube focus, il peut se vider par suite de l'absorption, par le platine, pendant le fonctionnement de l'ampoule, du gaz raréfié qu'elle contenait. On constate alors que l'étincelle passe à l'extérieur ; on le remet en état en le chauffant légèrement sur la flamme d'une lampe à alcool ; les gaz sont ainsi rendus à leur pression primitive. M. Chabaud, dans ce but, a construit des tubes de Crookes aux-

quels il a adjoint une ampoule soudée renfermant un fragment de potasse caustique ; ce tube est rempli d'acide carbonique, puis vidé à la façon ordinaire. Le gaz résiduel est absorbé par la potasse et remis en liberté dans l'ampoule quand on chauffe le carbonate formé.

Dans le même ordre d'idées et dans le même but, M. Ch.-Ed. Guillaume a préconisé l'emploi de palladium qui possède une grande affinité pour l'hydrogène et qui restitue ce gaz quand on le chauffe. M. Chabaud a réalisé cette idée en ajoutant au tube ordinaire une troisième électrode parasite en palladium placée dans une ampoule latérale. On rince le tube avant sa fermeture avec de l'hydrogène qui est absorbé par le palladium ; quand la tension devient trop faible dans le tube, il suffit de chauffer l'ampoule latérale avec une lampe à alcool pour rendre au gaz du tube la pression nécessaire.

Enfin M. Chabaud, de Paris, et M. Hard, de Zurich, ont imaginé tout dernièrement un tube basé sur les mêmes principes, dans lequel on peut ramener la pression à l'état optimum, soit en chauffant une ampoule latérale remplie de charbon en poudre qui libère une petite quantité de gaz, si la pression est trop basse ; soit en reliant, par un conducteur extérieur, la cathode avec une lame métallique, située dans une autre ampoule latérale et qui absorbe une partie du gaz, si la pression est trop forte. On peut régler ainsi la raréfaction du gaz au degré le plus convenable pour obtenir le maximum de production des rayons X et faire durer pendant très longtemps le fonctionnement du tube (1).

Pour éviter l'action destructive des rayons cathodiques

(1) *Revue generale des sciences*, du 30 décembre 1896, p. 1227.

sur l'anticathode, dans les tubes ordinaires, on peut faire varier l'endroit d'arrivée de ces rayons cathodiques en profitant de l'action qu'un aimant exerce sur eux ; on déplace alors peu à peu l'anticathode et la durée du tube s'en trouve prolongée d'autant. Comme nous l'avons vu, les tubes focus évitent l'inconvénient que nous venons de signaler.

Quel que soit le genre d'ampoule adopté, on a intérêt, pour la conserver longtemps en bon état, à ne la faire fonctionner que d'une façon intermittente. C'est ainsi que, pendant une opération qui doit durer quelque temps, on recommande d'actionner le tube pendant quatre minutes, puis de le laisser reposer pendant la cinquième minute ; on continue ainsi jusqu'à ce qu'on juge le temps de pose suffisant.

Enfin divers observateurs ont signalé que des substances phosphorescentes, placées sur le trajet des rayons Rœntgen, augmentent leur efficacité et M. Sylvanus-P. Thompson recommande de recouvrir la paroi anticathodique d'un émail renfermant du sulfure de calcium ; mais ce procédé a été assez délaissé comme donnant des résultats trop irréguliers.

En définitive, on n'est pas encore maître d'une façon absolue de la méthode permettant d'obtenir de bons tubes de Crookes. Leur effet est assez discordant et leur durée extrêmement variable. Des ampoules identiques et de même fabrication peuvent, en effet, faire un usage variant de trois heures à vingt heures ; on peut néanmoins admettre qu'un tube de Crookes ordinaire doit fournir un service moyen d'une dizaine d'heures. Nos fabricants, avec leur ingéniosité habituelle, arriveront certainement d'ici peu à régulariser les effets des ampoules et à augmenter leur durée.

9. Quant aux temps de pose nécessaires pour l'obtention de bons clichés, ils dépendent naturellement des sortes de tubes employés et de l'épaisseur des objets à reproduire ; il est même difficile de donner des indications absolues pour un même genre d'ampoules, leur rendement en rayons X étant assez irrégulier et variant sous l'influence de causes encore mal déterminées.

Quoi qu'il en soit, quand il s'agit de la photographie d'objets animés ou inanimés d'épaisseur ordinaire, tels qu'une main par exemple, on peut observer, en moyenne, les temps de pose suivants :

Avec les tubes ordinaires vingt minutes environ ; avec les tubes focus une et demi à trois minutes.

M. Colardeau indique qu'avec son tube, on peut se contenter d'une pose de quelques secondes ; mais beaucoup d'observateurs estiment qu'en réalité son action est plus lente.

Enfin diverses tentatives ont été faites pour diminuer encore ce temps de pose ; nous les relaterons dans les chapitres suivants.

Ces indications doivent être augmentées de beaucoup s'il s'agit de reproduire des organes de plus grande épaisseur ; le temps de pose peut alors s'étendre à trente ou quarante minutes et plus.

CHAPITRE IV

La glace et le châssis photographiques.

1. La plupart des glaces sensibles employées aujourd'hui en photographie peuvent convenir à l'obtention des clichés de rayons X ; on peut également faire usage des pellicules qui se trouvent maintenant dans le commerce.

M. Albert Londe, et plus tard, MM. A. et L. Lumière montrèrent d'ailleurs que les diverses émulsions peuvent se placer, en ce qui concerne leur sensibilité aux rayons Rœntgen, dans le même ordre que pour leur sensibilité à la lumière ordinaire.

On emploie presque exclusivement maintenant les plaques au gélatino-bromure d'argent. C'est à la suite d'une découverte faite en 1878 par Bennett que leur usage est devenu général.

Cet inventeur observa qu'en traitant par la chaleur les préparations sensibles à la gélatine, la substance se modifiait et devenait extrêmement impressionnable ; cette opération s'appelle maturation ou mûrissement.

En principe le procédé au gélatino-bromure d'argent consiste à former au sein d'une solution chaude de gélatine un précipité de bromure d'argent. Ce précipité doit être assez divisé pour rester en suspension dans le

liquide au milieu duquel il est produit, pour former une émulsion.

« L'émulsion est obtenue dans la pratique de la façon suivante :

« On prépare une dissolution de gélatine contenant un bromure soluble à laquelle on ajoute, dans l'obscurité une solution de nitrate d'argent. La masse est ensuite soumise à un traitement convenable : application de la chaleur ou addition d'ammoniaque, ayant pour effet d'augmenter la sensibilité du bromure d'argent formé. Cette transformation opérée, l'émulsion est versée dans un vase refroidi extérieurement par de l'eau glacée et on l'abandonne ainsi placée jusqu'à sa prise en gelée consistante. Cette gelée est ensuite divisée en petits fragments en la passant à travers un canevas, puis lavée sous cette forme dans un courant d'eau.

Après ce lavage qui a pour but d'éliminer les sels solubles résultant de la double décomposition, l'émulsion est égouttée, puis refondue et enfin coulée sur des verres parfaitement nettoyés. Ces verres recouverts d'émulsion sont placés horizontalement, sur un marbre refroidi, par exemple, afin de permettre la solidification de la gélatine, puis abandonnés pendant dix-huit à vingt-quatre heures dans un courant d'air qui amène la dessiccation complète de la couche sensible.

« Ces verres ainsi recouverts d'émulsion sensible constituent les plaques sèches au gélatino-bromure d'argent.

« L'extrême sensibilité de ces plaques au gélatino-bromure d'argent nécessite des précautions toutes particulières contre l'action de la lumière même la plus faible (1). »

---

(1) *La Photographie. Les appareils et leurs usages*, par A. et L. Lumière. H. Gautier, éditeur.

Les pellicules dont l'usage se répand de plus en plus se préparent d'une façon analogue, mais le support de la couche sensible, au lieu d'être en verre, comme dans le cas précédent, est constitué en général par une membrane de celluloïd.

2. Les boîtes de plaques photographiques vendues dans le commerce ne doivent être ouvertes qu'au laboratoire ; c'est également en cet endroit qu'on doit les introduire dans le châssis.

Le laboratoire doit être complètement fermé à la lumière ; il doit être éclairé par une source lumineuse très faible et non actinique ; on emploie presque toujours la lumière rouge foncé fournie par une lanterne quelconque ; cependant MM. Lumière préconisent la lumière verte « qui a l'avantage de ne pas fatiguer la vue et qui, lorsqu'elle est d'une qualité convenable et d'une intensité suffisamment faible, n'agit que fort peu sur les préparations (1) ».

Avant d'effectuer la mise en châssis des plaques, on doit épousseter ce châssis et passer sur la surface sensible un blaireau bien doux et bien propre pour éviter la présence des grains de poussière qui peuvent s'y être attachés et qui provoqueraient sur le cliché l'apparition de taches transparentes.

On doit aussi veiller à ce que la plaque photographique soit placée dans le châssis, la couche sensible en dessus ; on peut reconnaître le côté de la plaque qui a reçu la préparation en l'exposant à la lumière du laboratoire ; à la réflexion, la couche sensible est terne tandis que l'autre face est brillante et souillée de taches de gélatine irrégulièrement disposées. Quant au châssis

(1) *Loc. cit.*

qui est généralement en bois, il sera construit très soigneusement et de telle sorte qu'il ne puisse laisser accès au moindre filet de lumière ; à l'intérieur on dispose quelquefois des cadres intermédiaires qui permettent d'employer des plaques plus petites.

« L'ouverture du châssis s'opère à l'aide d'un volet ou d'un rideau retenu en temps ordinaire par un crochet ou un taquet ; les coulisses entre lesquelles glissent ces volets ou rideaux ne doivent laisser passer aucun rayon de lumière (1). »

Enfin les châssis peuvent être simples ou doubles, c'est-à-dire recevoir une ou deux plaques sensibles qui, dans ce dernier cas, sont opposées l'une à l'autre et séparées par une surface noire.

Pour les opérations qui nous occupent, on devra, si l'on opère avec un châssis double, ne le garnir que d'une seule plaque ; la seconde plaque se trouverait certainement impressionnée par les rayons X qui traverseraient la première. Il faut également, pour la même raison, avoir soin de ne laisser aucune boîte de plaques dans le voisinage du tube de Crookes en activité.

---

(1) A. et L. Lumière. *Loc. cit.*



DEUXIÈME PARTIE

LES OPÉRATIONS

CHAPITRE PREMIER

Disposition générale des expériences.

Dans les chapitres précédents, nous avons examiné le matériel indispensable à la production des rayons X ; nous allons maintenant indiquer la meilleure façon d'utiliser ce matériel pour obtenir de bonnes épreuves.

Deux cas sont à distinguer, suivant que les objets soumis aux rayons X sont animés ou inanimés.

I. — CAS DES OBJETS INANIMÉS

La source d'électricité étant reliée aux bornes du courant inducteur de la bobine de Rhumkorff bien réglée et le courant induit de celle-ci passant d'une façon convenable dans le tube de Crookes, on dispose en face ce dernier, et perpendiculairement à la direction des rayons X qu'il émet, le châssis photographique fermé et garni d'une plaque après avoir interposé entre l'ampoule et le châssis l'objet à reproduire.

La photographie par les rayons Rœntgen pourra être effectuée en pleine lumière, puisque le châssis sera fermé et que la plaque se trouvera ainsi à l'abri des

rayons actiniques de la lumière solaire. En général cependant, il est préférable d'opérer dans une demi-obscurité ou dans un endroit un peu sombre ; on peut ainsi mieux distinguer la fluorescence qui doit se produire dans le tube de Crookes et, par là, on peut mieux juger de la marche de l'appareil.

Quand il s'agit d'objets inanimés, on aura intérêt la plupart du temps à disposer l'objet et la plaque horizontalement ; le tube de Crookes sera supporté au-dessus, de manière que les rayons X produits arrivent normalement sur la glace photographique.

L'objet devra se trouver à une faible distance de cette plaque pour éviter les déformations dues à la diffusion ; dans la majorité des cas, on fera bien de faire reposer l'objet, s'il n'est pas trop lourd, sur le châssis fermé lui-même.

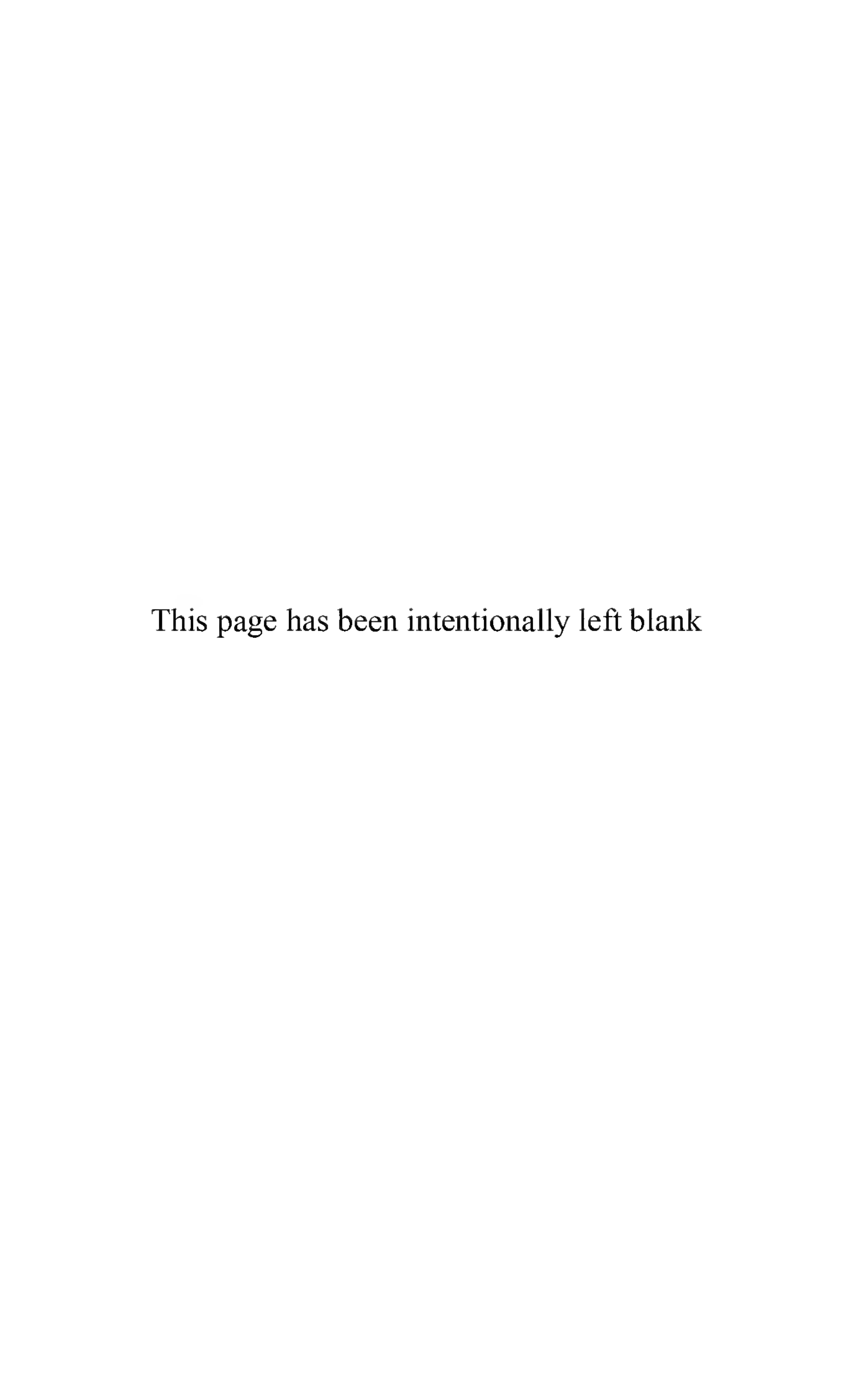
Quant à l'ampoule, elle sera maintenue à quelques centimètres de l'objet à photographier de manière à projeter sur ce dernier le plus de rayons actifs qu'il sera possible et à éviter cependant de créer trop de pénombre sur le cliché ; il est difficile d'indiquer pour cela une distance exacte, cette distance devant varier avec l'étendue de la surface à reproduire ; on la fait généralement de 2 à 10 centimètres. Enfin, pour augmenter la netteté de l'image obtenue, on pourra réduire l'étendue de la source d'où émanent les rayons X en se servant de diaphragmes en métal ou en verre épais de diverses tailles variant de 1 à 2 centimètres. Dans ce cas, il faudra augmenter le temps de pose, d'autant plus que le diaphragme sera plus petit. On peut cependant se passer de cette dernière précaution, quand les objets soumis à l'expérience sont de dimensions peu considérables et surtout si l'on emploie des tubes focus.

Quant aux temps de pose, nous avons donné quelques



La reproduction des os de la main.

Dispositif employé pour la photographie d'une main au moyen des rayons de Rœntgen. — A droite et sur le sol, on voit une batterie de six piles au bichromate avec treuil ; le courant qu'elle fournit se rend aux pôles d'une bobine de Rhumkorff, en passant par un ampèremètre, destiné à mesurer l'intensité du flux électrique. De la bobine, le courant se rend par deux fils aux deux électrodes du tube de Crookes, en forme de poire, visible au centre de la figure. La main à photographier est placée au-dessous du tube et repose sur un châssis renfermant une plaque sensible. — (Cette figure est la reproduction d'une photographie faite aux bureaux de la *Revue générale des Sciences.*)


This page has been intentionally left blank

détails à ce sujet dans le chapitre relatif au tube de Crookes.

II. — CAS DES ÊTRES VIVANTS ET DU CORPS HUMAIN

En principe, pour les êtres vivants, nous n'aurions guère qu'à répéter ce que nous venons d'écrire au sujet des objets inertes.

Il importe naturellement d'observer pendant l'expérience une immobilité complète si l'on veut avoir un cliché bien net.

S'il s'agit d'animaux vivants, il faut avoir soin de les fixer sur un support spécial de manière qu'ils ne puissent bouger ; la matière de ce support importe peu, puisqu'en général, il est fait en bois ou en métal, substances transparentes aux rayons X. On peut d'ailleurs souvent glisser le châssis entre le corps de l'animal mis en expérience et le support sur lequel il est attaché ou fixé.

Quant au corps humain, le faible temps de pose nécessaire aujourd'hui avec les tubes focus dispense de prendre aucune précaution pour un déplacement possible des organes.

On n'a alors qu'à poser l'organe à étudier sur le châssis et à disposer au-dessus l'ampoule de Crookes ainsi qu'il a été dit précédemment. La grandeur du châssis et de la glace photographique devra naturellement être proportionnée aux dimensions de la partie du corps à reproduire. A la rigueur, on pourrait disposer l'une à côté de l'autre deux plaques sensibles dont la réunion donnerait l'ensemble de l'organe (1).

Les distances à observer entre l'ampoule et la plaque

(1) MM. Imbert et Bertin-Sans, de Montpellier, ont ainsi obtenu la reproduction d'un nouveau-né.

sont naturellement variables suivant le corps mis en expérience. Pour les petits animaux, cette distance devra être d'une dizaine de centimètres ; pour les animaux plus gros, elle pourra s'élever à 20 ou 30. Quant au corps humain, voici les distances que mettent en pratique la majorité des expérimentateurs : pour la main ou le bras, 10 à 20 centimètres ; pour le pied et la jambe, il en est de même ; pour le genou, on s'éloigne à 30 centimètres ; enfin pour le bassin, on peut aller à 40 centimètres.

III. — MODIFICATIONS PROPOSÉES AUX DISPOSITIONS PRÉCÉDENTES

Un certain nombre d'opérateurs ont cherché à modifier les dispositions que nous avons signalées en vue, soit de concentrer les rayons X, soit de les rendre plus actifs et par là de diminuer le temps de pose

Voici les principaux procédés décrits à cet effet :

1. M. G. Meslin, professeur à la faculté des sciences de Montpellier, a réussi à obtenir, par l'emploi de champs magnétiques non uniformes, une réduction du temps de pose et à ramener celui-ci à quelques secondes. Voici le principe de cette méthode, exposé par l'auteur (1) :

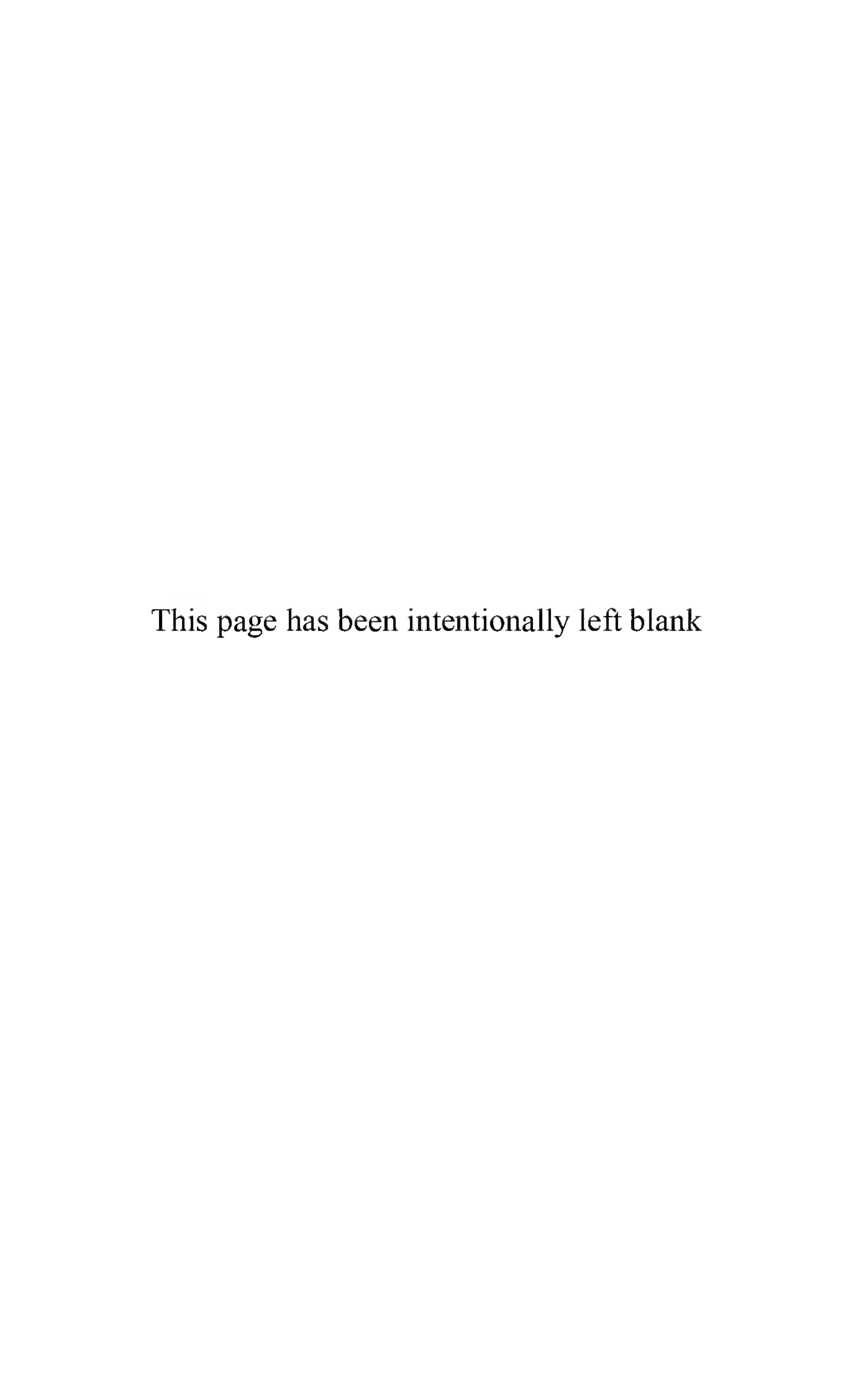
« On peut remarquer, qu'en général, les rayons cathodiques, rencontrant un champ non uniforme, ne seront pas tous déviés du même angle ; ils seront donc dispersés les uns par rapport aux autres et on peut mettre à profit cette dispersion, pour obtenir, par un

(1) *Revue générale des Sciences*, 1896, n° 8, p. 407.



La reproduction des os de la jambe.

Dispositif employe pour la photographie des os de la jambe. — Ce dispositif est semblable à celui de la figure I. La personne assise à droite s'occupe de la manipulation des piles. L'ampoule de Crookes employée ici est sphérique. (Reproduction d'une expérience faite aux bureaux de la *Revue générale des Sciences.*)



This page has been intentionally left blank

emploi judicieux du champ, une condensation plus favorable.

« Figurons donc (fig. 18) le cylindre des rayons cathodiques AB *ab* qui viennent former en *ab* la tache fluorescente sensiblement homogène ; ce cylindre pénètre, en AB, dans un champ magnétique créé par deux pôles placés l'un en avant, l'autre en arrière du plan de la figure,

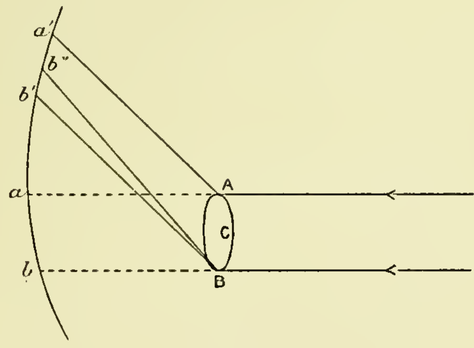


Fig. 18.

Figure schématique montrant la condensation des rayons cathodiques. — A B C, cylindre de rayons cathodiques se projetant normalement en *a b* ; un champ magnétique uniforme déviera également tous les rayons, qui iront se projeter en *a' b'* formant une tache à peu près égale à *a b* ; un champ magnétique non uniforme, allant en croissant de A vers B, déviera plus fortement les rayons passant par B et produira une tache condensée *a' b''*

à la hauteur de AB. Ce champ est supposé perpendiculaire au plan du tableau ; il produit une déviation que nous localiserons, pour simplifier, dans la tranche AB, et qui rejette, par exemple, le faisceau vers le haut.

« Si le champ est uniforme, les rayons tournent du même angle et la tache *a'b'* aura les mêmes dimensions que AB ou *ab* (en négligeant les variations d'obliquité de la paroi). Mais supposons, au contraire, que le champ ne soit pas uniforme et qu'il aille en croissant de A vers B ; le rayon qui passe par B sera plus énergiquement dévié, c'est-à-dire plus rejeté vers le haut,

et la tache $a'b''$ sera plus condensée ; si le champ allait en décroissant de A vers B, la déviation du rayon B*b* serait moindre et la tache serait dilatée.

« Si l'on renvoyait les rayons vers le bas, on arriverait dans chacune des hypothèses précédentes à la conclusion inverse On voit donc que si l'on rejette les rayons vers le haut, il faut, pour avoir une condensation, employer un champ décroissant vers le haut ; si on les rejette vers le bas, il faut un champ diminuant de haut en bas. En résumé, il faut un champ décroissant du côté où l'on renvoie les rayons ; dans le cas contraire, on aurait une dilatation. »

M. James Chappuis est arrivé presque à transporter l'instantanéité dans la photographie des rayons Rœntgen ; son procédé consiste à réduire un petit nombre d'unités, quatre ou cinq, par seconde, les décharges de la bobine de Rhumkorff ; l'action des rayons X produits est alors beaucoup plus intense.

2. Enfin MM. d'Arsonval et Tesla ont appliqué leurs appareils destinés à produire les courants oscillatoires de haute fréquence à la photographie des rayons X. Pour cela, les pôles du courant induit de la bobine de Rhumkorff sont reliés à une autre bobine noyée dans l'huile ; sur le trajet de l'un des fils est un condensateur ; un excitateur à étincelle est mis en dérivation sur le circuit. La bobine de Rhumkorff, excitée, charge le condensateur qui se décharge à travers l'autre bobine et l'excitateur ; en faisant varier les constantes de ce second circuit, on obtient une série de courants oscillatoires très rapides et de très haut potentiel qu'on peut faire passer dans le tube de Crookes pour la production des rayons Rœntgen.

CHAPITRE II

Développement des images et obtention des positifs.

1. Après que la plaque sensible a été exposée dans son châssis fermé à l'action des rayons X traversant le corps mis en expérience, le châssis contenant la glace est rapporté au laboratoire de photographie. On procède alors au développement et au fixage des images obtenues.

« Le développement de l'image latente est basé sur l'emploi des réducteurs énergiques, de corps qui ont la propriété de décomposer le bromure d'argent dans les parties seulement qui ont été impressionnées. Ils absorbent le brome du bromure d'argent. L'argent est mis en liberté dans la couche sous forme d'un grain, d'un précipité très fin qui constitue l'image (1). »

Un grand nombre de corps réducteurs ont été essayés pour le développement des clichés ; mais il y a souvent une différence considérable dans leur action. MM. A. et L. Lumière ont fait des recherches méthodiques à cet égard et ils sont arrivés aux conclusions suivantes qui paraîtront peut-être d'un ordre un peu spécial à certains de nos lecteurs, mais qui s'adres-

---

(1) A. et L. Lumière, *La Photographie ; développement et tirage*. Henri Gautier, éditeur.

sent aux personnes ayant quelques notions de chimie :

« 1° Pour qu'une substance de la série aromatique soit un développateur de l'image latente, il faut qu'il y ait dans un même noyau benzénique au moins deux groupements hydroxylés ou deux groupements amidés, ou encore un hydroxyle et un amidogène en position ortho ou mieux para ;

« 2° Les substances qui présentent plus de deux substitutions OH ou AzH^2 dans un même noyau aromatique (à l'exception des trisubstitués symétriques) et dont la molécule ne contient pas de groupement COOH, sont susceptibles de développer en solution neutre et même en solution acide (sans addition d'alcali ni de carbonates alcalins). »

D'après ces remarques, les auteurs ont pu recommander spécialement certains corps comme étant des développateurs énergiques : tels sont l'hydroquinone, la pyrocatéchine, le paramidophénol, le diamidophénol, etc., dont l'emploi tend de plus en plus à se substituer aux anciens développateurs comme le sulfate ferreux.

Pour développer un cliché ayant été soumis aux rayons X, on devra employer un révélateur intense, l'image en effet n'ayant en général que trop de tendance à être faible. On pourra faire usage soit de l'hydroquinone, soit de la pyrotéchine, soit enfin du paramido ou du diamidophénol.

Nous rappelons pour mémoire la composition de divers bains de développement.

Révélateur à l'hydroquinone :

Faire dissoudre dans

Eau distillée bouillante	900 grammes.
Sulfite de soude pur.	75 —

puis, après dissolution complète, ajouter

Hydroquinone	10 grammes.
Carbonate de soude pur.	150 —

La solution est versée dans un flacon bien bouché où elle se conservera à peu près incolore.

On devra mélanger le bain neuf d'une certaine quantité de bain vieux sans quoi les clichés se trouveraient voilés. Pour se procurer du bain vieux, on expose dehors une plaque sacrifiée et on la développe dans une cuvette contenant une certaine quantité du révélateur, qui dès lors pourra être considérée comme bain vieux.

Révélateur à la pyrocatéchine

On prépare les solutions suivantes :

Solution A.

Eau	500	grammes.
Sulfite de soude .	50	—
Pyrocatéchine	10	—

Solution B.

Eau	500	grammes.
Carbonate de soude pur	150	—

Pour le développement on emploie parties égales de chacune de ces solutions.

Révélateur au paramidophénol :

Faire dissoudre dans

Eau distillée bouillante . . .	900	grammes.
Sulfite de soude pur.	120	—

puis, après dissolution complète, ajouter

Paramidophénol (base libre)	20	grammes.
Lithine caustique	5	—

Ce développateur s'emploie tel qu'il est préparé.

Révélateur au diamidophénol :

La composition de ce développateur est la suivante :

Eau	1 000	grammes.
Sulfite de soude anhydre	30	—
Chlorhydrate de diamidophénol .	5	—

Cette solution a l'inconvénient de ne pouvoir se préparer à l'avance sous peine de voir peu à peu diminuer l'énergie du révélateur.

2. Quel que soit le révélateur choisi, on en met dans la cuvette photographique une quantité suffisante pour couvrir un cliché, puis le châssis étant rapporté au laboratoire qui est éclairé seulement par une faible lumière rouge ou verte, comme nous avons dit, on enlève du châssis la plaque impressionnée, on la met dans la cuvette, le côté gélatiné en dessus, en ayant soin d'immerger complètement la glace. Les endroits ayant subi plus que d'autres l'action des rayons X viendront en noir, puis les parties moins transparentes viendront ensuite. On poussera le développement jusqu'à ce que, vu à l'envers par réflexion, le cliché laisse apparaître les parties noires.

Le cliché étant suffisamment développé, on le rince quelques instants sous un robinet d'eau. On procède ensuite au fixage

Cette opération a pour but d'enlever l'excès de bromure d'argent non attaqué qui reste encore sur la plaque photographique. On emploie à cet effet une solution d'hyposulfite de soude ainsi composée :

Eau	1 000 grammes.
Hyposulfite de soude .	200 —

On trempe donc pendant quelques minutes le cliché développé dans ce bain ; lorsque, vu à l'envers, le cliché aura perdu sa teinte opaline, le fixage sera suffisant. A partir de ce moment, le cliché ne craint plus la lumière.

On termine l'opération par le lavage pour enlever l'hyposulfite resté sur la plaque ; on doit le prolonger

pendant 4 à 5 heures dans une cuve remplie d'eau courante, si possible, ou tout au moins d'eau souvent renouvelée. On enlève ensuite le cliché de l'eau et on le met à égoutter à l'abri du soleil et de la poussière jusqu'à ce que la gélatine soit complètement sèche.

Si l'on était pressé de tirer une épreuve, au lieu de laisser le séchage s'effectuer spontanément, on pourrait l'accélérer en trempant le cliché dans deux ou trois bains d'alcool à 50° centésimaux.

Il est important d'apporter dans toutes ces manipulations la plus grande propreté possible, car la moindre trace d'hyposulfite introduite dans le bain de développement provoquerait l'apparition sur le cliché d'une teinte jaunâtre plus ou moins régulière De même si les lavages, surtout celui de la fin, n'étaient pas suffisants, la gélatine se colorerait en jaune et toutes les épreuves positives que l'on voudrait tirer seraient tachées.

3. Nous passerons rapidement en revue les causes d'insuccès tenant à la manipulation de la plaque pour ceux de nos lecteurs qui n'ont que peu l'habitude de la photographie. Les principaux échecs susceptibles de se présenter sont les suivants (1) :

Voile partiel ou total de la plaque ;

Coloration de la couche sensible ;

Décollement de la pellicule de gélatine ;

Taches transparentes ou opaques.

Dans l'application des glaces sensibles à la photographie des rayons X, le voile, c'est-à-dire le noircissement plus ou moins général du cliché, peut provenir

---

(1) La plupart des détails photographiques qui suivent sont empruntés à la brochure de MM. A. et L. Lumière, déjà citée.

de la mauvaise étanchéité du châssis, d'un grand excès de pose, d'un trop grand éclairage du laboratoire, de l'impureté du révélateur, de l'altération ou de la mauvaise préparation des plaques.

« Lorsqu'une plaque est introduite dans le châssis, une petite partie de la couche sensible se trouve recouverte par les feuillures et par les crochets qui retiennent la plaque.

« Quand le voile qui existe sur l'image fait défaut dans ces parties protégées, on pourra conclure que le voile s'est produit pendant le séjour de la surface sensible dans le châssis et qu'il est dû à l'incomplète fermeture de ce dernier. Le voile peut encore être dû à un grand excès de pose.

« On introduira alors de nouveau une plaque dans le même châssis qu'on exposera sans l'ouvrir à la lumière du jour pendant un certain temps et on développera ensuite. Si le voile persiste dans ces conditions, il ne pourra être dû à l'excès de pose, puisqu'on n'a pas posé du tout ; il est causé alors par les défectuosités du châssis qui laisse pénétrer les rayons lumineux.

« Si le voile n'avait pas lieu dans ces conditions, il serait dû à l'excès de pose.

« Lorsque le voile se montre dans les portions protégées par les taquets du châssis, il aura pris naissance en dehors de ce châssis et pourra avoir été occasionné soit par l'éclairage trop actinique du laboratoire, soit par l'impureté des bains. L'altération ou la mauvaise préparation des plaques pourra avoir le même effet.

« Il conviendra alors de déterminer quelle est celle de ces trois causes qui a produit le voile.

« A cet effet, on exposera à l'action du foyer lumineux qui éclaire le laboratoire une plaque dont on aura masqué la moitié à l'aide d'un écran opaque. La surface

sensible sera placée à 1 mètre de distance de la source qui agira pendant un quart d'heure.

« Si la moitié exposée fait ressortir un voile bien marqué, il sera indispensable de modifier l'éclairage trop intense du laboratoire.

« Le voile persistant encore après cette modification, on essaiera d'employer un autre révélateur, préparé avec des produits bien purs dont on soit parfaitement sûr.

« La coloration jaune de la couche qui survient quelquefois dans la gélatine est due à l'insuffisance de lavage avant le fixage, ou à l'excès de la lumière pendant cette dernière opération.

« On fera généralement disparaître cette coloration en traitant l'image pendant une minute environ par une solution faible de perchlorure de fer, puis par une immersion nouvelle dans le bain d'hyposulfite de soude. Cette opération terminée, il faut laver abondamment, comme après le fixage.

« On rencontre quelquefois un insuccès qui tient à la fois du voile et de la coloration et qui est caractérisée par des reflets métalliques irisés que montre la surface de la gélatine, surtout sur les bords, lorsqu'on l'examine à la lumière réfléchie.

« Cet accident est occasionné par une addition involontaire d'hyposulfite de soude au révélateur.

« Ce produit est la cause de nombreuses déceptions dans les laboratoires photographiques ; il suffit de faibles quantités d'hyposulfite introduites dans les bains, soit par les cuvettes malpropres, soit par les doigts incomplètement lavés, pour compromettre ou altérer complètement une image.

« Le bain fixateur sera par conséquent isolé et on devra nettoyer avec soin tous les objets et ustensiles qui auront été en contact avec lui.

« Les décollements de la couche proviennent de l'emploi, dans la préparation, d'une gélatine altérée ou bien encore de l'emploi de bains trop acides ou trop chauds lors du développement. »

On évite généralement cet inconvénient en immergeant le cliché avant son fixage dans une solution d'alun à 5 p. 100.

Enfin il peut arriver que, quoique le temps de pose ait été bien favorable, le cliché se trouve défectueux par suite d'un développement trop rapide ou trop prolongé. Dans le premier cas, l'épreuve manque de vigueur; dans le second elle est dure et a un aspect heurté.

Le renforcement d'un cliché dont le développement n'a pas été assez poussé est basé sur les principes suivants :

« Lorsqu'on immerge un cliché photographique dans une solution de bichlorure de mercure, l'argent métallique qui forme l'image passe plus ou moins complètement à l'état de chlorure, tandis que le composé mercurique est partiellement transformé en protochlorure insoluble.

« Le bichlorure de mercure cède une partie de son chlore qui s'unit à l'argent.

« L'image blanchit et elle est alors formée par un mélange de chlorure d'argent et de protochlorure de mercure.

« On traite ensuite la plaque par l'ammoniaque qui dissout le chlorure d'argent et qui se combine avec le protochlorure de mercure pour former un composé très noir, un ammonio-chlorure de mercure.

« On a ainsi remplacé une partie de l'argent du cliché par ce corps très opaque résultant de la combinaison du chlore, du mercure et de l'ammoniaque, et le cliché a gagné en intensité.

« Pratiquement, on fait usage d'une solution à 3 p. 100 de bichlorure de mercure, on y plonge le cliché que l'on examine de temps en temps par transparence; lorsqu'on juge la vigueur suffisante, on le lave abondamment pour éliminer l'excès de bichlorure dont il est imprégné, puis on l'immerge dans l'eau ammoniacale à 10 p. 100.

« Le bichlorure de mercure, appelé aussi sublimé corrosif, étant un toxique très violent, il faudra prendre dans l'emploi de ce corps les précautions indispensables pour éviter les accidents. »

« Les clichés trop développés ont dans leur ensemble, sur toute leur surface, une trop grande épaisseur d'argent réduit, ce qui les rend trop opaques; il faudra, pour les affaiblir, diminuer régulièrement cette épaisseur jusqu'à ce que l'on arrive à une transparence convenable. »

Pour cela, on peut opérer ainsi :

« On prépare une solution d'hyposulfite de soude à 10 p. 100, puis une dissolution de ferricyanure de potassium à 1 p. 100. Le mélange à volumes égaux de ces deux réactifs dissout directement, sans nécessiter d'autre traitement, l'argent de l'image.

« Il est bien entendu que toutes ces manipulations peuvent s'effectuer en plein jour. On se sert de cuvettes dans lequelles on verse les liquides indiqués; on y immerge ensuite les glaces en ayant soin d'agiter constamment pour assurer la régularité des réactions. »

Quand les clichés sont secs, on doit les conserver dans un endroit convenable, à l'abri de la chaleur et de l'humidité

Le cliché, le négatif comme l'on dit, une fois obtenu, peut servir à la production d'un nombre illimité d'é-

preuves positives. Ces dernières sont généralement produites sur papier.

Ce papier est vendu dans le commerce à l'état de papier sensible, c'est-à-dire ayant reçu une couche de sel d'argent impressionnable à la lumière et adhérant à la feuille par l'intermédiaire d'une substance convenable : albumine, gélatine, etc. Il est prêt à être employé. Nous dirons plus loin quelques mots des divers sortes de papier sensible.

Pour obtenir les positifs, l'envers du cliché est préalablement bien nettoyé avec un tampon de coton imbibé d'alcool qui enlève les traces de gélatine et de vernis. Le cliché est alors placé dans le châssis-presse. Cet appareil se compose d'un cadre rectangulaire en bois portant une feuillure sur laquelle une glace épaisse peut venir s'appuyer; le cliché est disposé sur cette glace, le dos en contact avec elle; on applique un morceau de papier sensible, le côté brillant sur la gélatine, on ajoute par-dessus quelques feuilles de papier pour égaliser la pression et on recouvre par une planche brisée à charnière et garnie de drap noir. Cette planchette est maintenue énergiquement appuyée sur le papier à l'aide de barres munies de ressorts qui se rabattent sur la planchette et qui peuvent être fixées dans cette position, d'un côté par des charnières et de l'autre par des taquets mobiles.

On expose ensuite le châssis à la lumière du jour. Si le cliché est grisâtre, on aura intérêt à tirer le positif à l'ombre ou à la lumière diffuse; si le négatif est très accentué, il sera préférable de faire l'exposition au soleil.

Pendant cette opération, on surveille de temps en temps la venue de l'épreuve; pour cela on ouvrira l'un des côtés du châssis-presse en décrochant seulement

la barre correspondante à ce côté, l'autre maintenant en contact le papier sensible et le cliché; on jugera de l'état de l'image positive en relevant la feuille dans la partie ouverte. Les épreuves doivent être tirées un peu plus foncées que le point à obtenir, car elles perdront de leur intensité par les opérations ultérieures.

4. Quand l'intensité désirée sera atteinte, on enlèvera l'épreuve du châssis-presse et on pourra la conserver dans un endroit obscur et sec de façon à attendre pour virer qu'on ait réuni un certain nombre d'épreuves.

Ces épreuves sont à ce moment d'une teinte violacée ; si on les fixait ainsi, c'est-à-dire si l'on enlevait l'excès de sel d'argent non attaqué qu'elles retiennent en les faisant séjourner dans un bain d'hyposulfite de soude, elles deviendraient d'une couleur jaune rougeâtre désagréable. C'est pour éviter cet inconvénient qu'auparavant on leur fait subir le virage.

Pour cela on passe d'abord les positifs dans une cuvette d'eau pour enlever la plus grande partie du nitrate d'argent non impressionné, puis on les trempe dans un bain de virage dont il existe un certain nombre de formules dont l'une des plus répandues est la suivante :

Eau	2 000	grammes.
Chlorure d'or. . .	1	—
Acétate de soude fondu. . . .	30	—

On suit de près les modifications subies par les épreuves ; leur coloration d'abord rougeâtre devient violacée, puis noir bleuâtre. Le chlorure d'or du virage réagit sur l'argent de l'épreuve en donnant de l'or métallique qui se fixe sur les parties impressionnées du positif et du chlorure d'argent qui reste dans le bain. Quand les images ont pris la teinte désirée, on les

retire du bain de virage et on les lave à l'eau pendant quelques minutes avant de les fixer.

Le bain de virage se troublant par l'usage, par suite du chlorure d'argent qui s'y forme pendant le virage, on doit le filtrer après chaque opération.

Le fixage, qui vient ensuite, a pour but, comme on l'a vu, d'enlever l'excès de sel d'argent non impressionné qui reste sur les épreuves. Celles-ci sont simplement mises à tremper dans une cuvette contenant une solution d'hyposulfite de soude à 15 ou 20 p. 100, au bout de dix minutes, l'opération peut être considérée comme terminée.

Toutes ces manipulations, virage, fixage, peuvent être faites, sinon en plein jour puisque le papier est encore sensible à la lumière, mais dans une lumière diffuse moyenne, dans un endroit assez sombre.

Dans tous les bains où elles passent, les images doivent être maintenues dans une agitation continuelle pour éviter la formation de bulles d'air qui empêcheraient certains endroits de subir les modifications nécessaires et pour assurer la régularité des réactions.

Enfin on termine l'obtention des positifs par le lavage qui doit être soigneux et très prolongé pour bien enlever les dernières traces d'hyposulfite qui plus tard jauniraient et détruiraient les épreuves. Un des meilleurs moyens d'effectuer commodément un bon lavage consiste à disposer deux cuvettes dans lesquelles on passe alternativement les positifs de temps en temps en renouvelant l'eau à chaque fois.

On égoutte ensuite les épreuves et on les fait sécher à l'air libre, soit en les suspendant par les angles à l'aide de pinces, soit en les mettant dans un cahier de papier buvard.

La plus grande propreté est de rigueur dans les ma-

nipulations des images positives ; la moindre trace d'hyposulfite introduite avant l'immersion dans le bain de fixage provoquerait l'apparition de taches jaunâtres qu'on ne peut enlever.

5. Nous dirons maintenant quelques mots des sels d'argent les plus employés dans la sensibilisation des papiers pour positifs.

Le papier albuminé est préparé en faisant flotter à la surface d'un bain d'albumine additionné de chlorure de sodium des feuilles de papier très pur qui sont ensuite mises à sécher. On les sensibilise en les faisant flotter dans des cuvettes contenant une mince couche de la solution ci-dessous :

Eau	100	grammes.
Nitrate d'argent.	10	—
Acide citrique	3 à 5	—

Dans ces conditions, l'azotate d'argent produit avec le chlorure de sodium du papier une double décomposition et il se forme sur la feuille du chlorure d'argent altérable à la lumière. Quant à l'albumine, elle est destinée à boucher les pores du papier et à en rendre la surface lisse et brillante.

Cette préparation d'albumine et de sel d'argent doit être appliquée d'un seul côté de la feuille.

Après quelques minutes, on retire les feuilles et on les met à égoutter et à sécher. Toutes ces opérations doivent être faites dans un lieu complètement obscur ou éclairé par une faible lumière artificielle.

Le papier ainsi obtenu peut être d'un bon usage pendant quelque temps ; mais il est de moins en moins répandu dans le commerce.

On préfère se servir maintenant de papiers dit aristotypiques dont un des modèles est le papier au citrate d'argent.

Ce dernier est obtenu en recouvrant des feuilles de papier, de fabrication très soignée, d'une émulsion de citrate et de chlorure d'argent dans la gélatine.

Le tirage et les manipulations des positifs peuvent s'effectuer à la façon ordinaire, mais un des avantages de ce produit est de permettre, si on le désire, de faire le virage et le fixage dans un même bain.

Ce bain se prépare avec les solutions suivantes :

Solution A

Eau chaude	1 000	grammes.
Hyposulfite de soude	400	—
Acide citrique	2	—
Alun ordinaire	20	—
Acétate de plomb	2	—

Solution B

Eau	100	grammes.
Chlorure d'or	1	—

On prend 100 centimètres cubes de la solution A pour 6 à 8 centimètres cubes de la solution B et on peut immerger directement les épreuves dans le bain ainsi composé ; on arrête l'opération quand le ton désiré est obtenu. Le lavage final doit être abondant et peu prolongé.

Les autres précautions à prendre sont les mêmes que pour le papier à l'albumine

Enfin on emploie parfois un virage au platine ainsi composé :

Eau	250	grammes.
Chlorure de sodium	2	—
Chloroplatinite de potasse	1	—
Alun	5	—

Les épreuves sont laissées dans ce bain jusqu'à obtention de la coloration voulue, on les lave à plusieurs eaux et on termine par une immersion dans le bain mixte de virage et de fixage. Les images ainsi préparées présentent l'aspect du papier au platine.

6. Les images positives obtenues par un procédé quelconque, sont coupées après dessiccation ; ce coupage a pour but d'enlever les portions inutiles et de donner aux côtés de la feuille des sections nettes qui la rendent plus présentable. L'opération se fait sur une plaque de verre au moyen d'une lame bien affilée ; comme guide on emploie soit des calibres spéciaux du format voulu, soit une équerre en glace.

Le collage qui suit le coupage peut se faire avec le mélange suivant : 15 grammes d'amidon bien délayés dans 50 grammes d'eau sont versés dans 250 grammes d'eau ; puis on porte à l'ébullition en agitant continuellement ; enfin on laisse refroidir.

Les épreuves coupées sont mises à tremper dans l'eau, essorées avec un papier buvard, portées sur une glace, l'envers tourné vers l'extérieur ; on passe la colle sur la première épreuve qu'on enlève et qu'on dispose sur le carton, on recouvre d'un papier buvard sur lequel passe la main pour chasser les bulles d'air et assurer le collage ; on continue ainsi pour les autres épreuves.

Après dessiccation, le carton et l'image collée sont généralement un peu déformés ; on remédie à cet inconvénient, soit en les maintenant quelque temps sous presse, soit mieux en les passant à la presse à satiner qui leur donne aussi un certain éclat.

Les positifs sont alors terminés.

CHAPITRE III

Dispositif convenant à la fluoroscopie (1).

1. Dans une autre partie de cet ouvrage, nous avons signalé la propriété que possédaient les rayons Rœntgen de rendre fluorescents certains corps particuliers lorsqu'ils les rencontraient.

On ne connaît pas au juste les conditions qui font qu'un corps est ou non fluorescent ; mais on sait que cette propriété dépend de l'état physique des substances ; c'est ainsi que le platino-cyanure de baryum, phosphorescent lorsqu'il se présente en cristaux, n'est plus influencé par les radiations de Rœntgen lorsqu'il est pulvérisé

Parmi les substances fluorescentes, celles qui ont jusqu'ici donné les meilleurs résultats sont les platino-cyanures de baryum et de potassium, le tungstate de calcium, enfin une substance organique assez complexe, la pentadécylparatolylcétone.

Le platinocyanure de baryum $(Pt\ Cy^4)\ Ba$ peut s'obtenir de la façon la plus simple en précipitant le sel de cuivre correspondant par l'eau de baryte : on élimine

---

(1) Voyez à ce sujet le remarquable article du professeur Gariel dans la *Revue générale des Sciences* du 15 octobre 1896.

ensuite l'excès de baryte par un courant de gaz carbonique, on filtre et on évapore à cristallisation. Le corps obtenu se présente en cristaux assez volumineux, solubles dans l'eau surtout à chaud, paraissant verdâtres ou jaune citron, suivant la direction dans laquelle on les regarde.

Le platinocyanure de potassium (Pt Cy⁴) K² prend naissance lorsqu'on chauffe au rouge naissant du platine en éponge avec un poids égal au sien de ferrocyanure de potassium ; on épuise la masse par l'eau et on fait cristalliser. Le corps se présente en cristaux prismatiques droits, jaunes par transparence et bleus par réflexion, solubles dans l'eau, surtout à chaud, et se déposant avec 3 molécules d'eau de cristallisation.

Le tungstate de calcium, $Tu\,O^4\,Ca$, se prépare en traitant le tungstate de soude par le chlorure de calcium. On a fait la remarque qu'il était d'autant plus actif qu'il était impur, principalement quand il renfermait du tungstate de manganèse.

Quant à la pentadécylparatolylcétone, on peut l'obtenir en distillant dans une cornue un mélange de paratoluilate de baryum et de palmitate de baryum ; il se produit la réaction suivante :

$$\left[C^6H^4 \begin{cases} CH^3\ (1) \\ CO^2 \end{cases}\right]^2_{Ba\ (4)} + \left[C^{15}H^{31} - CO^2\right]^2_{Ba} = 2\ CO^3Ba$$

Paratoluilate de baryum. Palmitate de baryum. Carbonate de baryum.

$$+\ 2\left[C^6H^4 \begin{cases} CH^3\ (1) \\ CO - C^{15}H^{31}\ (4) \end{cases}\right]$$

Pentadécylparatolylcétone.

C'est un corps solide, blanc, volatil et répondant aux propriétés générales des acétones.

Diverses autres substances ont été préconisées, mais ce sont celles que nous venons de citer dont la fluo-

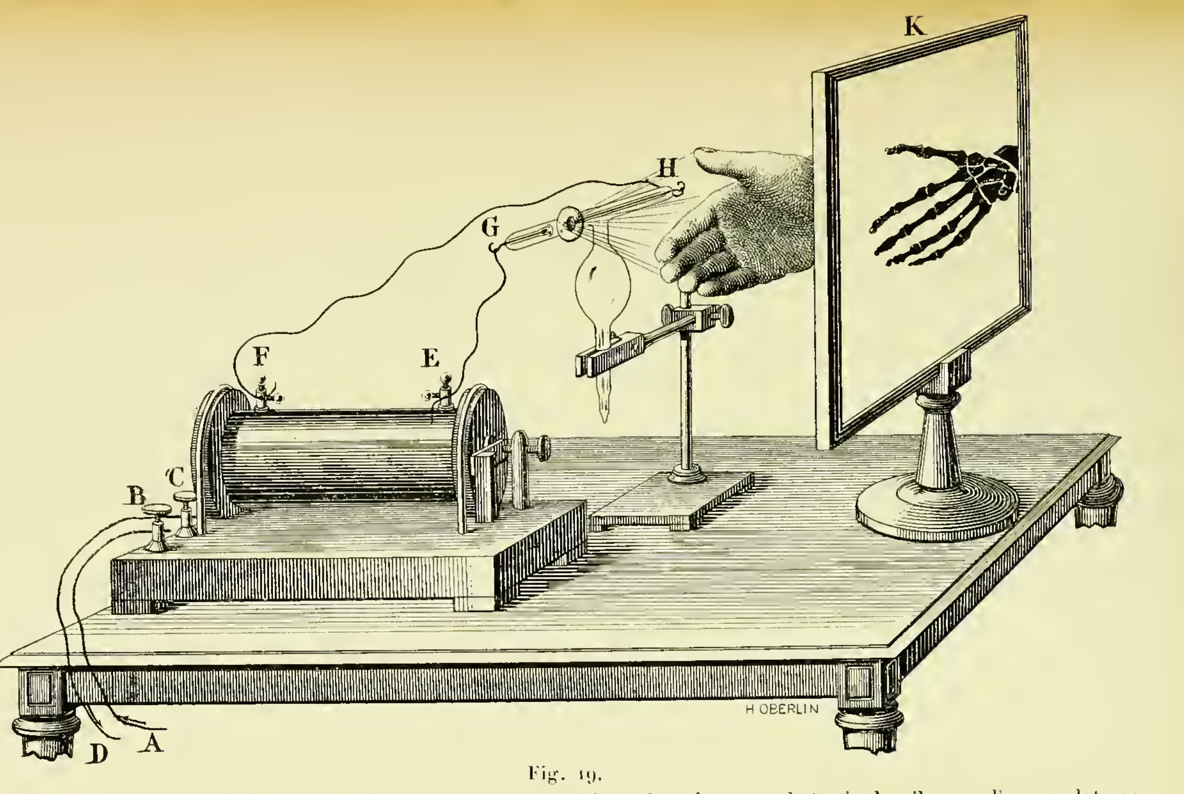


Fig. 19.

Disposition d'une expérience de fluoroscopie. — Le courant électrique, fourni par une batterie de piles ou d'accumulateurs, est amené par le fil A à la borne B dans le circuit primaire d'un bobine d'induction, le parcourt et sort par la borne C et le fil D. Le pôle positif E et le pôle négatif F du circuit induit de cette bobine sont reliés aux électrodes positive G et négative H d'un tube Colardeau. L'ampoule de verre qui reçoit les rayons émanés du pôle négatif (ou cathode) de ce tube, émet les rayons X. Ces rayons traversent les chairs, mais sont arrêtés par les os de la main placée sur leur trajet. Ceux qui traversent les chairs excitent la fluorescence de l'écran K ; l'ombre des os de la main se dessine alors sur cet écran.

rescence est le plus sensible aux rayons X et qui peuvent le mieux servir à la préparation des écrans luminescents dont nous allons parler.

2. Voici le principe de la pratique désignée actuellement sous le nom de fluoroscopie (fig. 19) : Si, dans l'obscurité on fait tomber un faisceau de rayons Rœntgen sur un écran enduit d'une des matières citées plus haut, celui-ci deviendra lumineux d'autant plus que la substance qui le recouvre sera plus fluorescente sous l'action des rayons X. Si ensuite, entre le tube de Crookes et l'écran, on dispose un objet ou un organe quelconque, une main, par exemple, certaines parties, les chairs qui sont transparentes aux rayons X n'apparaîtront que peu ou pas sur l'écran tandis que d'autres parties, telles que les os, qui ne sont pas traversées par les radiations Rœntgen, projetteront leur ombre sur l'écran.

On a donc intérêt à rapprocher le plus possible l'objet à observer de l'écran fluorescent pour éviter les trop grandes déformations dues aux cônes d'ombres qui se produisent.

On peut ainsi obtenir en quelque sorte une photographie temporaire d'un objet quelconque ; on voit de suite combien ce procédé peut rendre de services dans certains cas chirurgicaux ; on peut constater l'état pathologique d'un membre, la place d'une fracture ou d'un corps étranger sans avoir besoin d'effectuer la reproduction photographique. Le même mode opératoire permet, comme nous le verrons, de distinguer les diamants faux des vrais, de voir le contenu des boîtes ou d'objets fermés, enfin il peut servir à éprouver les tubes de Crookes, c'est-à-dire à constater leur rendement approximatif en rayons X ; nous avons d'ailleurs parlé de cette dernière application dans un chapitre précédent.

Les substances fluorescentes s'appliquent sur les écrans de diverses façons.

Pour ceux aux platinocyanures, on étend sur un morceau de carton ou sur une feuille d'aluminium ou de verre une émulsion de platinocyanure de baryum ou de potassium. Cette émulsion peut être faite soit dans la gélatine, soit mieux, comme le recommande M. Hospitalier, dans le collodion.

La pentadécylparatolylcétone s'emploie d'une manière analogue.

Pour les tungstates, M. Ch. Ed. Guillaume préconise le procédé suivant (1) :

« On dissout une certaine quantité de tungstate de soude, dans une émulsion de gélatine ; on ajoute ensuite à la solution un léger excès de chlorure de calcium additionné d'une petite quantité de chlorure de manganèse. Il se forme alors un précipité de tungstate de calcium et de tungstate de manganèse à l'état très divisé, qui prend un vif éclat sous l'action des rayons. »

Des écrans tout préparés avec ces diverses substances se trouvent d'ailleurs chez les fabricants d'appareils de physique ; leur prix varie naturellement avec leur grandeur ; le modèle courant le plus petit (13 × 18) vaut environ 20 francs.

M. Séguy vient d'imaginer tout récemment un nouvel écran dont la matière active est principalement formée de platinocyanure de baryum ; mais ce sel, au lieu de s'y trouver à l'état cristallisé, y est fondu par un procédé spécial qui augmente de beaucoup la fluorescence de l'écran.

La technique fluoroscopique s'effectue de la façon

---

(1) *Les Rayons X et la Photographie à travers les corps opaques.* Gauthier-Villars, éditeur.

suivante : on produit des rayons X à la manière ordinaire, au moyen d'un tube de Crookes simple, ou mieux d'un tube focus ; pour plus de commodité, on le dispose de telle façon que les radiations Rœntgen soient émises horizontalement, on place devant le tube l'écran fluorescent du côté inactif et entre les deux on met les corps opaques à examiner en observant l'écran du côté sur lequel se trouve appliquée la substance fluorescente ; on distingue alors les ombres portées par les parties des corps non traversées par les rayons X.

On comprend aisément que c'est le côté actif de l'écran qui doit être tourné vers l'observateur ; en effet, les rayons X non absorbés par l'objet à examiner peuvent traverser le carton qui sert de support et venir influencer la substance phosphorescente que plus rien ne cache à l'opérateur, tandis que dans le cas contraire, la matière active deviendrait bien phosphorescente, mais ces radiations lumineuses produites ne pourraient traverser le carton qui cacherait le phénomène à celui qui l'examine. L'observation doit être faite dans l'obscurité, la lumière ne permettant pas à la fluorescence d'être assez visible.

Les lueurs produites sont assez faibles ; il faudra regarder l'image, soit en faisant l'opération dans une chambre tout à fait obscure, soit en fixant à l'écran un voile noir sous lequel on placera la tête, soit enfin en adaptant l'écran à la base d'une sorte de pyramide tronquée creuse, en bois ou en carton noir dans la base opposée de laquelle on pratiquera des trous pour les yeux.

3. Dans l'étude de M. Gariel (1), que nous avons

(1) *Revue générale des sciences*, 15 octobre 1896.

déjà citée, le savant professeur discute la possibilité de simplifier le manuel opératoire de la fluoroscopie et écrit à ce sujet les lignes suivantes :

« Dans un important article, publié dans cette Revue (1), M. H. Poincaré disait :

« Ainsi, c'est le verre qui émet les rayons Rœntgen et il les émet en devenant fluorescent. Ne peut-on alors se demander si tous les corps dont la fluorescence est suffisamment intense n'émettent pas, outre les rayons lumineux, des rayons X, *quelle que soit la cause de leur fluorescence ?* Les phénomènes ne seraient plus liés alors à une cause électrique. Cela n'est pas très probable, mais cela est possible et sans doute assez facile à vérifier. »

« Peu de temps après, M. Charles Henry apportait à l'Académie des Sciences une vérification de l'hypothèse signalée par M. Poincaré : du sulfure de zinc, corps phosphorescent (2) soumis à l'action des rayons solaires ou à celle de la lumière du magnésium, a pu, ensuite, impressionner une plaque photographique à travers une lame d'aluminium et à travers une double feuille de papier aiguille, comme l'auraient fait des rayons Rœntgen.

« M. Niewenglowski obtenait bientôt des résultats analogues ; enfin et surtout M. H. Becquerel a étudié la question en opérant principalement sur le sulfate double d'uranyle et de potassium, avec lesquels il a obtenu des résultats analogues à ceux que nous venons d'indiquer. Mais, de plus, il a observé que l'action se continue alors même que le corps actif n'est plus soumis à l'action de

(1) *Revue generale des sciences* du 30 janvier 1896, p. 56.

(2) On ne peut guère indiquer de délimination nette entre la phosphorescence et la fluorescence des corps ; le second nom est réservé aux phénomènes de phosphorescence de très courte durée.

la lumière et que sa fluorescence, qui ne dure qu'une fraction de seconde, a cessé.

« Sans insister sur ces faits, on voit que des radiations émises par les corps phosphorescents et fluorescents partagent avec les rayons Rœntgen la propriété de traverser des corps opaques pour les radiations lumineuses et d'impressionner les plaques sensibles. De même, également, les rayons Rœntgen et ces radiations possèdent la propriété de décharger les corps électrisés. On est ainsi conduit à établir une certaine analogie entre les uns et les autres, bien que M. H. Becquerel ait montré que les radiations invisibles qui émanent des corps phosphorescents subissent la réflexion et la réfraction, propriétés que ne possèdent pas les rayons Rœntgen. Il est donc naturel de supposer que les radiations émises par les corps fluorescents peuvent, après avoir traversé des substances opaques aux radiations lumineuses, agir sur des écrans fluorescents comme ceux dont on fait usage en fluoroskiascopie (1). Nous n'avons pas vu, il est vrai, que le fait ait été déjà signalé et les circonstances ne nous ont pas permis jusqu'à présent de le rechercher. Peut-être d'ailleurs faudrait-il faire usage de substances actives autres que celles employées jusqu'à présent. Mais il ne nous semble pas impossible d'arriver à ce résultat (2).

« S'il en était ainsi et si les effets observés n'étaient pas trop faibles, il n'y aurait qu'à remplacer, dans le dispositif actuellement employé, la bobine d'induction et le tube à vide par une certaine quantité de matière phos-

(1) M. Gariel préfère en effet, au mot fluoroscopie, le nom de fluoroskiascopie (de σχιά, ombre) qui indique que la méthode est basée sur la production des ombres sur un corps fluorescent.

(2) On a même signalé l'obtention de rayons X en employant comme source les radiations émanées de trois cents vers luisants réunis.

phorescente préalablement soumise à l'action de la lumière solaire ou à celle de l'arc électrique ou de la flamme du magnésium. On voit immédiatement quelle simplification serait apportée au manuel opératoire. »

TROISIÈME PARTIE

LES APPLICATIONS

CHAPITRE PREMIER

Applications médicales et chirurgicales (1).

I. — RECHERCHE DES CORPS ÉTRANGERS INTRODUITS DANS L'ORGANISME

1. L'une des premières applications des radiographies par les rayons X venant à l'idée était la recherche des corps étrangers introduits dans l'organisme d'une manière quelconque. On pouvait espérer déceler par ce moyen la position de balles ou d'éclats d'obus ayant pénétré dans les membres ; le perfectionnement sans cesse continu des procédés radiographiques permet de croire qu'on pourra dans peu retrouver les projectiles dans l'intérieur du corps humain.

C'est ainsi entre autres, qu'à la Société de chirurgie, dans la séance du 6 mai 1896, MM. Gérard-Marchand et Monod ont présenté des photographies d'un pied et d'une main dans lesquels les rayons de Rœntgen ont permis de montrer nettement l'existence de projectiles qu'on soupçonnait.

(1) Sur toutes les parties de ce grand sujet, consulter la série des articles que lui a consacrés la *Revue générale des Sciences*.

A l'Académie de Médecine, le 24 mars, M. Périer a présenté des épreuves qui lui ont permis de constater la localisation d'une balle de revolver ankylosée depuis près de deux ans dans un os de la main d'un blessé.

Le 8 juin 1896, à l'Académie des Sciences, MM. Brissaud et Londe ont pu montrer la photographie d'une balle de 7 millimètres, dans le cerveau d'un blessé. La radiographie a montré que l'hémiplégie qui s'était déclarée avait pour cause l'interruption de fibres nerveuses situées sur le trajet du projectile et que l'intervention chirurgicale ne produirait aucun effet. On pourrait d'ailleurs multiplier les exemples de ce genre.

2. La photographie ou l'examen par les rayons X servira encore dans certains cas où divers objets : sous, billes, etc., seront avalés par des enfants. Si ces objets ont pénétré soit dans l'œsophage, soit dans la trachée, les radiations de Rœntgen permettront souvent de les apercevoir, de vérifier leur position et de faciliter ainsi leur extraction.

Si le corps étranger est dans l'œsophage, on déterminera ainsi s'il est plus avantageux de le retirer par la bouche avec les doigts, avec des pinces ou avec divers instruments spéciaux, ou s'il vaut mieux le repousser dans l'estomac dans le cas où le corps étranger n'est pas de nature à léser cet organe

Si l'objet séjourne dans les voies aériennes, il est indiqué de l'extraire le plus vite possible, soit avec des pinces à polypes, soit même par la trachéotomie.

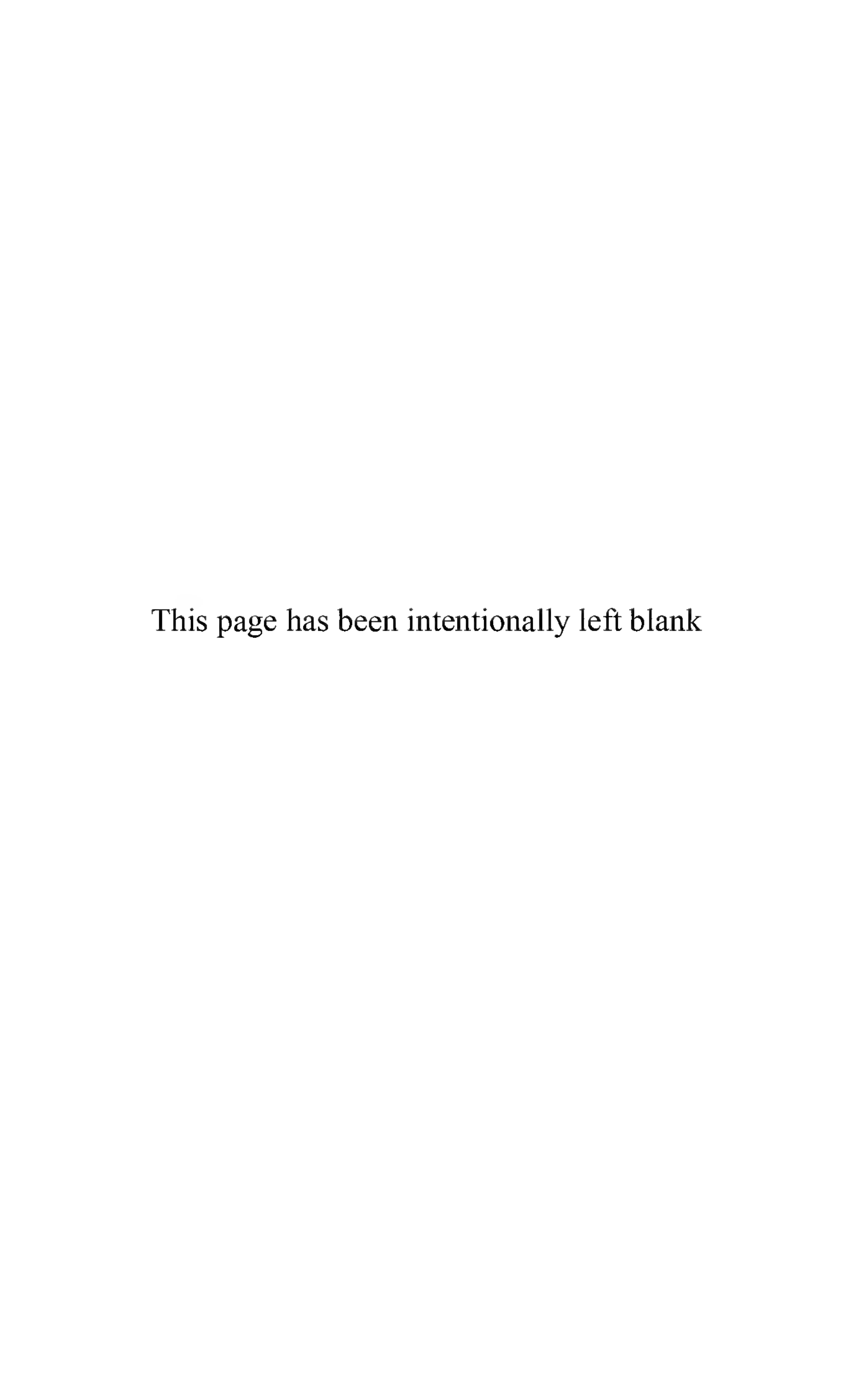
Cette méthode d'investigation peut rendre les plus grands services en précisant d'une façon très nette l'endroit où se trouvent les corps étrangers ; elle permet d'éviter les tâtonnements et les douleurs inhérentes au procédé par le simple toucher et donne au chirurgien



Fig. 20.
Poignet d'un enfant de huit ans, montrant l'état de l'ossification.



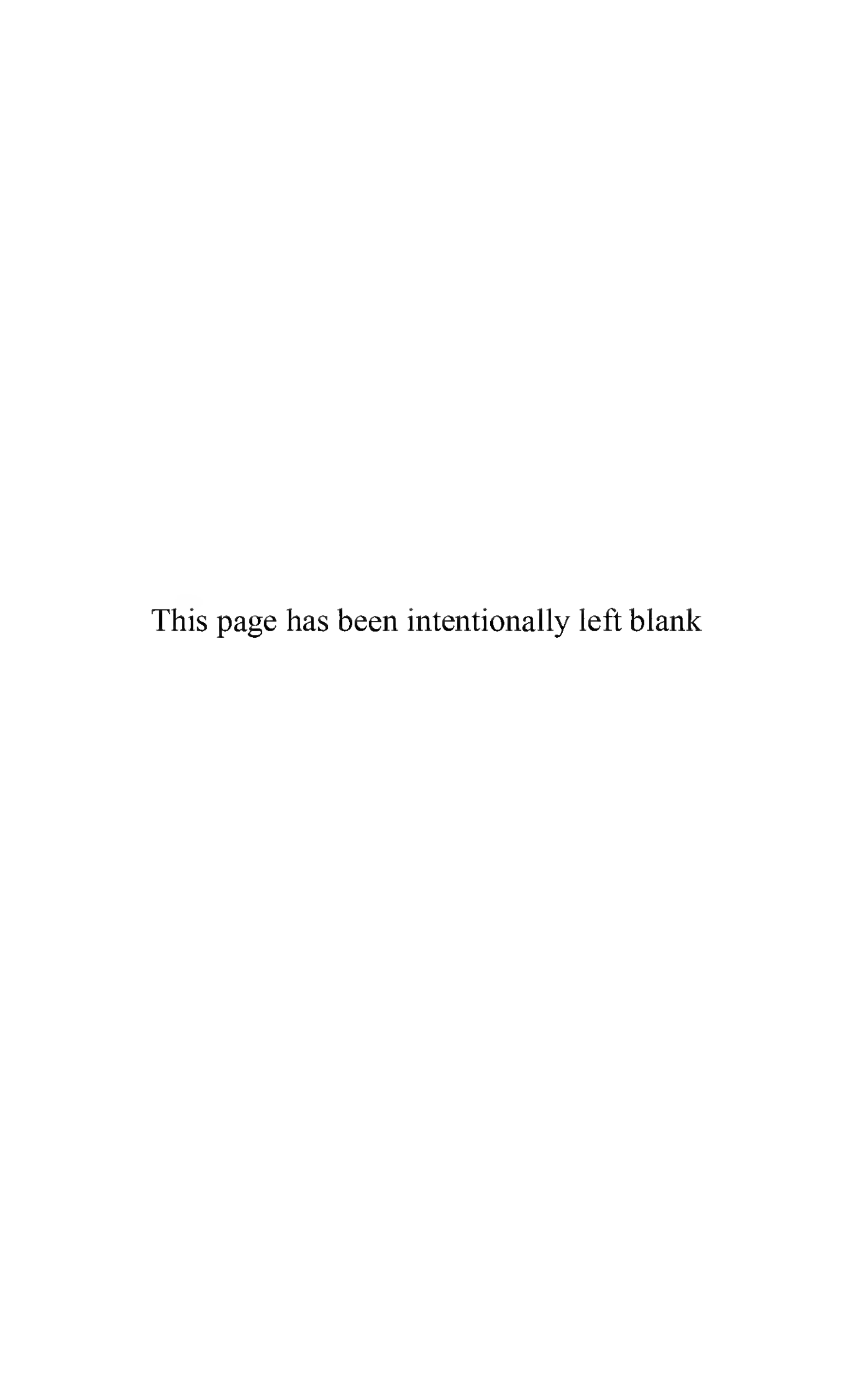
Squelette d'une main photographiée à travers les chairs.



This page has been intentionally left blank



Lapin tué à la chasse, photographié par les rayons X, à travers les chairs et la peau de l'animal.


This page has been intentionally left blank

les indications les plus utiles au point de vue d'une opération possible.

On a pu de même également fixer dans quelques cas la position d'aiguilles introduites accidentellement dans l'organisme et l'on a procédé à leur extraction sans aucune hésitation, ni insuccès.

3. La radiographie a de même son application toute tracée en médecine légale dans le cas qui nous occupe. Dans nombre de circonstances, les experts sont questionnés au point de vue du mode de pénétration des projectiles. Les victimes d'accidents, de tentatives d'assassinat, etc., soumises à la photographie par les rayons X, répondront ainsi elles-mêmes à la question et fixeront souvent les juges ou les jurés sur la validité des accusations en cause

II. — DÉTERMINATION DE LA POSITION DES APPAREILS CHIRURGICAUX INTRODUITS A DEMEURE DANS L'ORGANISME.

1. Dans un certain nombre de maladies et d'affections particulières, le médecin est obligé, pour compléter la guérison ou pour éviter certains accidents, d'introduire à demeure dans l'organisme du malade certains appareils chirurgicaux. L'un des cas les plus connus et les plus fréquents est celui du tubage ; nous le rappellerons en quelques mots. On sait que dans la variété de diphtérie qui s'attaque à la gorge, surtout chez les jeunes enfants, il y a au niveau de la trachée une production abondante de fausses membranes élaborées par des microbes spéciaux qui ont été dernièrement mis en lumière.

Ces fausses membranes peuvent se multiplier avec une rapidité extraordinaire au point d'obstruer complè-

tement le conduit respiratoire. Dans ce cas, c'est la mort par asphyxie qui menace l'enfant (1) et le médecin ne doit pas hésiter à établir un conduit artificiel qui permette au malade de respirer. Autrefois on procédait pour cela à l'opération de la trachéotomie qui consiste à pratiquer dans la gorge une ouverture allant rejoindre la trachée au-dessous du point infecté. Actuellement, on pratique plutôt le tubage, c'est-à-dire l'établissement à travers le larynx d'un tube qui n'est naturellement pas obstrué par les fausses membranes, ce qui peut sauver le patient. Ce tube, qui doit rester pendant quelque temps dans cette position, peut être surveillé par l'examen aux rayons de Rœntgen, de manière à voir si aucun dérangement, ni aucune perturbation ne s'est produite dans l'appareil. Cette dernière éventualité a en effet une grande importance. C'est ainsi qu'à la Société anatomique, dans la séance du 5 juin 1896, M. Bayeux a communiqué l'observation d'un enfant atteint de diphtérie pharyngée et laryngée, chez lequel le tubage, pratiqué d'urgence, a dû être refait trois fois. On fut obligé d'en venir à la trachéotomie; l'enfant, mort peu de temps après, montra à l'autopsie une tuberculose pulmonaire, une sclérose sous-glottique et une ulcération de la trachée occasionnée par la canule à trachéotomie.

Une bonne opération faite dès le début, la disposition d'un tubage convenable, auraient peut-être sauvé le malade.

2. L'examen par les rayons X pourra sans doute aussi

---

(1) En réalité, ces microbes sont redoutables, non seulement par la production de fausses membranes qu'ils déterminent, mais encore par l'empoisonnement que produisent leurs produits d'excrétion. MM. Behring et Roux ont découvert récemment un vaccin qui permet d'atténuer, sinon d'enrayer, cette maladie.

rendre service pour la surveillance des sondes placées dans le canal uréthral et des endoscopes disposés à la sortie de l'intestin dans certaines maladies spéciales.

3. Enfin, dans divers cas graves, on fixe à demeure dans le corps humain des organes artificiels tout entiers, tels que des gorges artificielles, dont on pourrait constater le fonctionnement par les radiations de Rœntgen.

4. Dans les affections des os qui nécessitent une opération quelconque pour l'élimination d'un séquestre ou partie d'os mortifiée, on a souvent intérêt à remplacer la partie manquante par des fragments artificiels en mastic spécial, en os décalcifié ou par la prothèse; parfois, dans des fractures, on maintient les os avec des attelles métalliques. La radiographie permet de constater ce que deviennent ces diverses parties artificielles dans les tissus du malade

Dans la séance de l'Académie de médecine du 23 juin 1896, M. Péan a communiqué une série d'expériences fort instructives à cet égard. Une de ses radiographies « montre le résultat d'une résection faite chez une femme d'une vingtaine d'années qui avait une fracture avec chevauchement considérable des deux os de l'avant-bras.

« Les os furent réunis avec des attelles d'aluminium. Au bout de quelques semaines, le cal osseux étant complet et résistant, on enleva l'attelle radiale et on laissa l'attelle cubitale et les deux vis d'acier qui la maintenaient.

« Ces corps étrangers n'ont déterminé aucune suppuration. La malade, n'en souffrant pas, désire les conserver.

« La radiographie montre que le cal du cubitus dans

lequel sont restées en place l'attelle et les deux vis, est d'une régularité parfaite, tandis que celui du radius est incurvé, sans qu'il en résulte la moindre gène pour les fonctions du membre. Sans nul doute, cette incurvation passerait inaperçue, de même que la présence des vis, si les rayons X ne les avaient révélées. »

« M. Péan, présente, en second lieu à l'Académie, d'autres radiographies qui ont permis de reconnaître ce qui s'est passé dans des os qui ont été restaurés, soit avec des fragments d'os décalcifiés, soit par la prothèse.

« Un de ces malades, âgé d'une trentaine d'années, avait eu, à la suite d'une blessure par un clou de rue, qui s'était implanté dans la plante du pied pendant la marche, au niveau des extrémités supérieures des 4e et 5e métatarsiens, une suppuration aiguë intarissable, qui avait détruit les deux tiers supérieurs de cet os et obligé le malade à garder le lit.

« La perte de substance faite aux extrémités de ces deux métatarsiens a été comblée par un mastic spécial et la guérison a été obtenue rapidement.

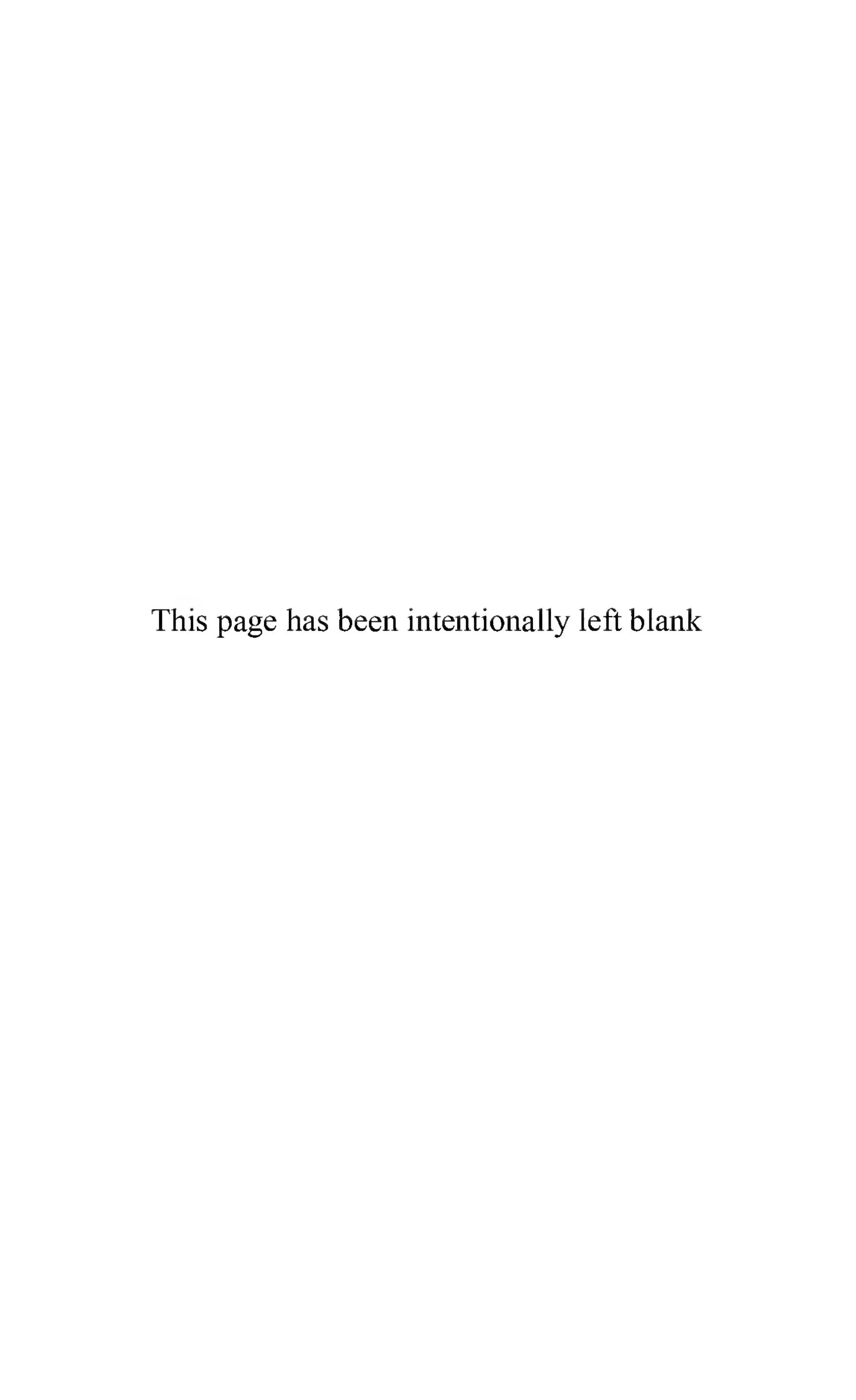
« Le procédé de Rœntgen permet aujourd'hui de constater que les os, dont les cavités avaient été comblées par le mastic, sont peu déformés et que leurs articulations sont conservées.

« Un autre malade était affecté d'une ostéomyélite subaiguë, douloureuse, occupant toute la hauteur du tibia et lui rendant l'existence impossible pendant plusieurs mois. Bien qu'il n'y eût pas d'abcès de voisinage, on consentit, à la demande formelle du malade, à faire l'exploration de la cavité médullaire du tibia.

« Après en avoir réséqué toutes les fongosités suspectes avec la gouge et la pince emporte-pièce, la vaste caverne qui en résulta fut comblée avec des lames d'os décalcifié, et toute la table interne de l'os fut remise



Grenouille vivante traversée par les rayons X.



This page has been intentionally left blank

en place à la manière d'un couvercle, après l'excision, au préalable, de toutes les parties malades.

« La plaie faite aux parties molles fut fermée par suture. La réunion eut lieu par première intention.

« A partir de cette époque, le malade n'eut plus aucune souffrance. Trois semaines après, il retournait chez lui et aujourd'hui la guérison est parfaite.

« Grâce à la photographie par les rayons de Rœntgen, on peut voir que le tibia est parfaitement reconstitué et que toutes les lignes sont aussi nettes que s'il n'avait jamais été altéré.

« M. Péan présente encore un malade qu'il a opéré, il y a trois ans et demi, et qui a fait l'objet d'une communication spéciale, il y a deux ans et demi à l'Académie. Lorsqu'il le présenta pour la première fois, cet homme portait à la place de l'humérus, dont on avait enlevé la partie supérieure, un humérus artificiel en caoutchouc durci, articulé avec l'omoplate. Le membre remplissait toutes ses fonctions.

« Un an et demi après, une fistule s'étant produite à l'union de l'extrémité inférieure de l'os artificiel et de la portion inférieure de l'humérus conservée, l'extraction totale de l'appareil prothétique fut faite au moyen d'une longue incision.

« La nouvelle plaie se réunit par première intention.

« Depuis cette époque, le malade, chez lequel l'examen histologique de l'humérus réséqué avait montré qu'il s'agissait de tuberculose, jouit d'une excellente santé, bien qu'il exerce la profession insalubre de marchand de vins. Son bras a conservé sa longueur normale et l'articulation de l'épaule tous ses mouvements; il a si bien recouvré ses forces qu'il sert au malade à soulever des poids considérables, de 50 kilogrammes par exemple, sans fatigue.

« Il était intéressant de vérifier par le procédé de Rœntgen l'état du squelette osseux qui s'était formé grâce au périoste qu'on avait eu soin de placer autour de l'humérus artificiel.

« L'épreuve obtenue embrasse l'ensemble des points intéressants. Elle montre que l'os nouveau, bien qu'il soit aussi résistant, est moins régulier que l'os ancien. Elle montre également que la fusion est complète au point de jonction avec l'os ancien et que la partie supérieure de l'os nouveau, quoique dépourvue de tête saillante, est logée au contact de la cavité glénoïde et de la face inférieure de l'acromion et conformée de manière à permettre tous les mouvements (1). »

III. — ÉTUDE DES LÉSIONS INTRA-OSSEUSES

Les applications des rayons X sont encore tout indiquées dans l'étude des maladies du tissu osseux, soit qu'il s'agisse des lésions inflammatoires et organiques, ou bien des lésions de nutrition et de développement des os, ou enfin des lésions traumatiques. C'est des premières sortes de lésions que nous nous occuperons tout d'abord.

Elles peuvent comprendre : les périostites, inflammations du périoste, c'est-à-dire de la membrane fibreuse qui entoure les os, et qui proviennent fréquemment de traumatismes ; on peut y rattacher l'ostéomyélite des adolescents qui frappe la totalité de l'os et qui a pour causes, outre les traumatismes, le froid et la fatigue.

L'ostéite est l'inflammation du tissu osseux et survient à la suite de traumatismes, périostites, scrofules, syphilis ou tuberculose.

---

(1) D'après la *Presse médicale* du 24 juin 1896.

La nécrose est la mortification du tissu osseux dont la partie mortifiée doit être expulsée de l'économie. La tuberculose, qui est toujours caractérisée par la présence du bacille de Koch, a pour causes toutes les déchéances acquises ou héréditaires de l'organisme; parfois une cause occasionnelle, traumatisme ou inflammation, contribue à son développement.

Les tumeurs des os comprennent principalement les exostoses, tumeurs formées par l'hypertrophie ou développement excessif du tissu osseux; les fibromes, tumeurs fibreuses ayant pour point de départ le périoste; les gommes des os, d'origine syphilitique et se portant principalement sur les os du crâne; les kystes des os sont des cavités creusées dans le tissu osseux et renfermant des substances liquides ou même solides; les sarcomes ou excroissances ayant une consistance molle; enfin les cancers ou tumeurs rongeantes du tissu osseux.

La plupart des maladies que nous venons de citer donnent lieu à une modification ou à une destruction plus ou moins profonde du tissu osseux; les parties mortifiées ou séquestres se comportent alors comme des corps étrangers et déterminent la production d'abcès plus ou moins dangereux par lesquels l'économie cherche à se débarrasser de ces organes inutiles.

Les parties osseuses atteintes soumises aux rayons X se montrent naturellement beaucoup plus transparentes que les parties saines; on peut par suite déterminer exactement l'endroit malade et les modifications pathologiques qui sont la conséquence de la maladie. Le médecin se trouvera ainsi renseigné sur l'étendue du mal et sur le traitement qu'il conviendrait d'appliquer.

Des services analogues pourraient être rendus dans l'ostéomalacie, lésion de nutrition et de développement des os, maladie fort rare et qui consiste en un ramollis-

sement du tissu osseux produit par la résorption des sels calcaires et le retour de l'os à l'état embryonnaire.

Les applications des radiations de Rœntgen à l'examen des os atteints sont déjà nombreuses ; en dehors des recherches entreprises à la première heure à l'hôpital Trousseau par le professeur Lannelongue (1), on peut notamment citer les cas suivants :

MM. Imbert et Bertin-Sans ont donné la radiographie d'une main d'enfant atteinte de périostite ; on y voit très nettement, à l'endroit atteint, le périoste décollé et épaissi.

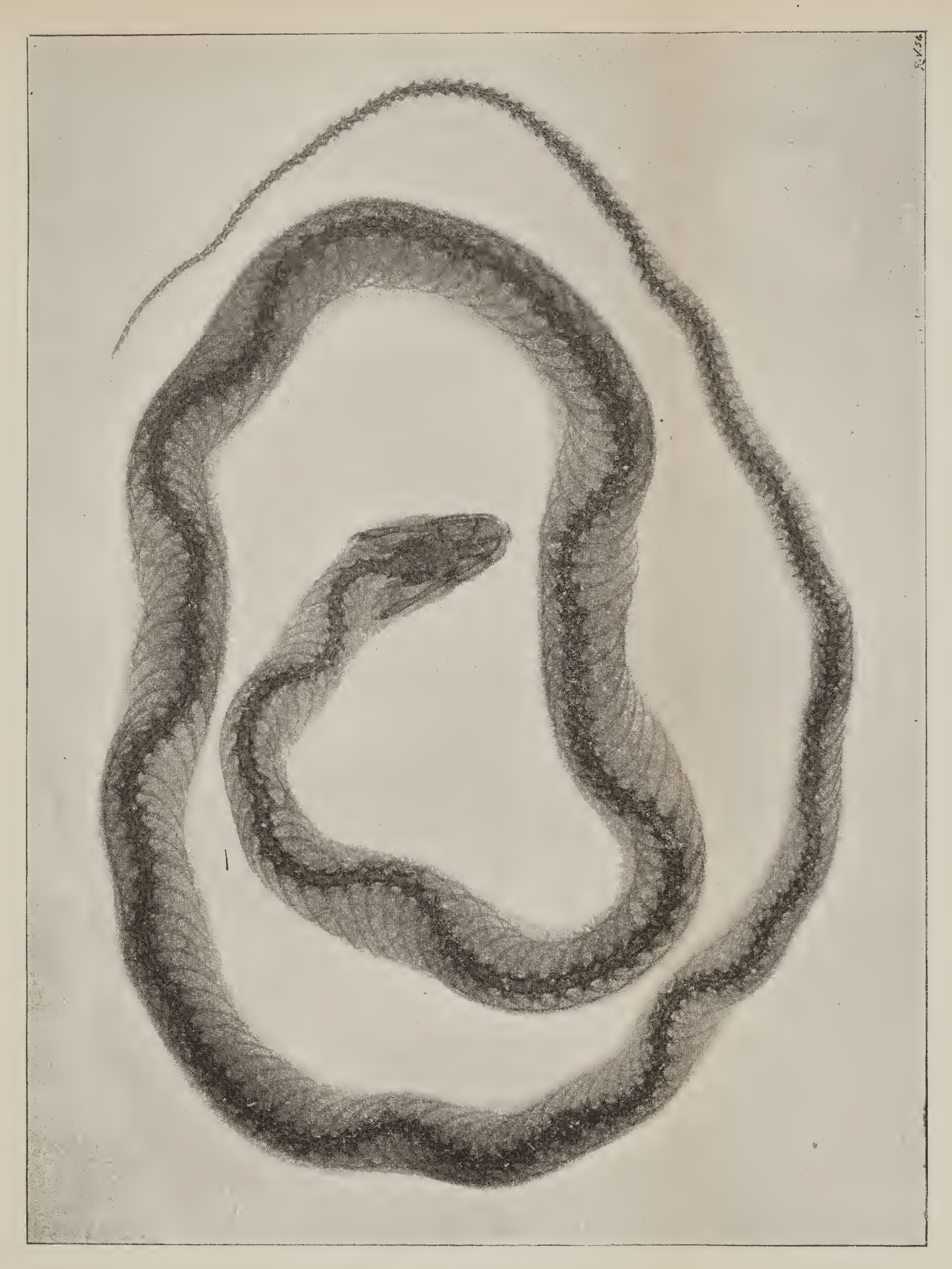
Dans la séance du 23 juin 1896, à l'Académie de médecine, M. Péan a montré un cliché représentant une main atteinte d'ostéomyélite du doigt et du premier métacarpien ; on reconnaît que les os de l'index et du métacarpien qui le supporte, ainsi que le périoste et la gaine des fléchisseurs, sont épaissis ou détruits par la suppuration qui était survenue à la suite de l'ouverture de la gaine, par un corps étranger probablement malpropre.

Le 9 juin 1896, dans la même Compagnie, MM. Barthélemy et Oudin ont présenté les photographies d'une main dont la phalangette d'un des doigts est atteinte de tuberculose, la lésion se reconnaissant à une encoche noirâtre sur la photographie, et de la hanche d'une petite fille dont le fémur était atteint de tuberculose.

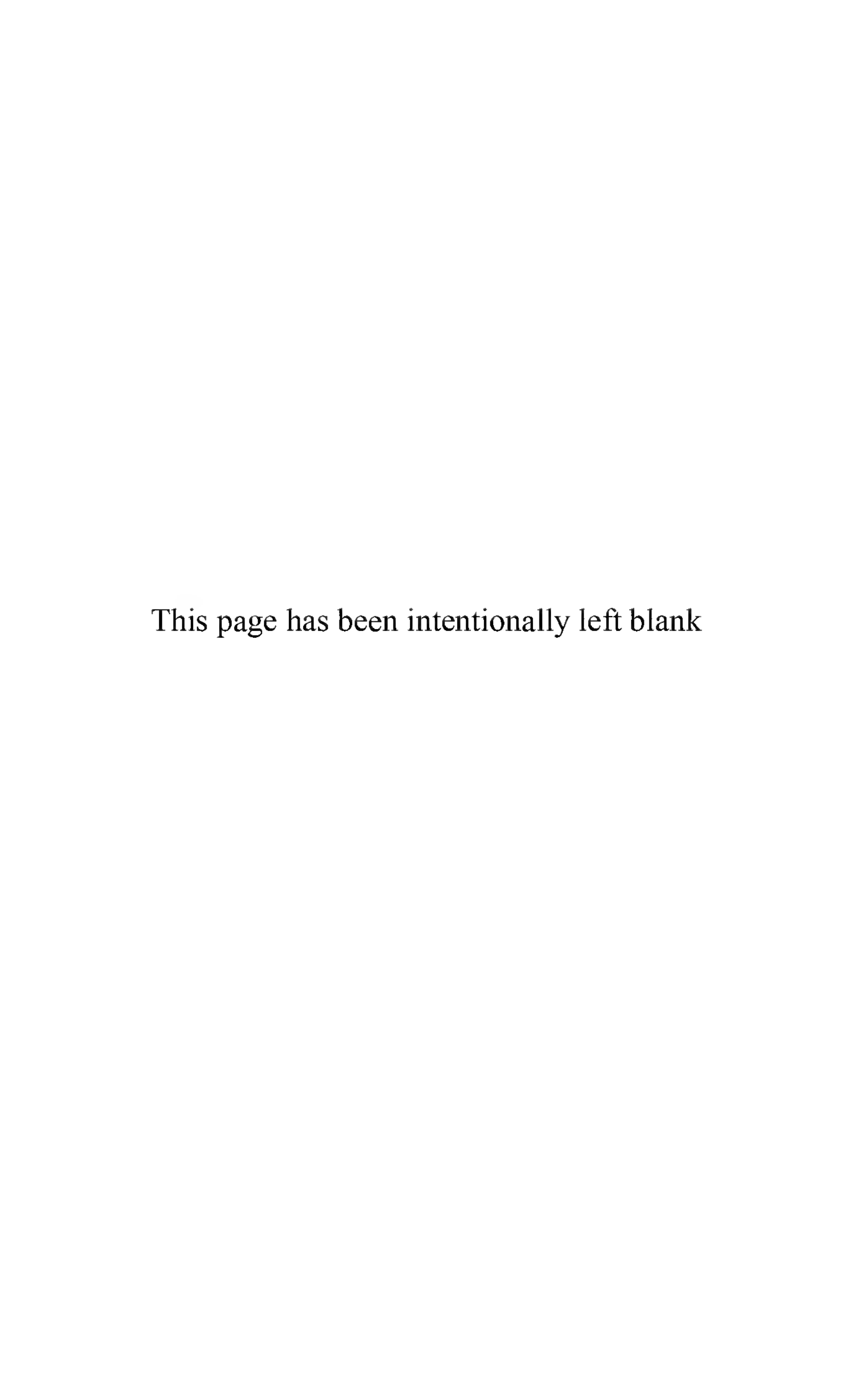
MM. Imbert et Bertin-Sans ont également reproduit le tissu osseux de l'épaule tuberculeuse d'une jeune fille de seize ans.

---

(1) Dès l'annonce de la découverte de Rœntgen, M. Lannelongue l'appliqua à la recherche des lésions osseuses et produisit notamment des clichés représentant un fémur atteint d'ostéomyélite et une main dont un doigt était affecté d'ostéite tuberculeuse et photographiés à travers les tissus de la cuisse ou de la main.



Couleuvre vivante traversée par les rayons X.



This page has been intentionally left blank

A la Société anatomique, le 22 mai 1896, M. Gustave Keim a communiqué les pièces et les photographies d'un sarcome ossifiant de la première phalange du pouce, survenu à la suite d'un traumatisme ; le début datait de trois ans ; la douleur, de cinq mois. Du volume d'une petite mandarine, la tumeur engainait presque complètement le pouce, sauf sur sa face externe ; le doigt a été amputé le 21 avril. La photographie par les rayons X a montré que le point de départ était osseux, sous-périosté, la première phalange étant intéressée. De plus, cette photographie a pu faire prévoir l'ossification centrale de la tumeur par sa non-perméabilité aux rayons, semblable à celle du tissu osseux des doigts.

Enfin, le 18 janvier 1897, M. Potain communiquait à l'Académie des Sciences, en son nom et en celui d'un de ses élèves, M. Serbanesco, une série d'observations se rapportant à l'aide que la radiographie apporte au diagnostic quand il y a doute entre le rhumatisme chronique osseux et la goutte. Dans le premier cas, l'ostéite condensante des extrémités donne à celles-ci une opacité plus grande aux rayons X, tandis que, dans la goutte, on observe, au niveau des extrémités des phalanges et des métacarpiens, des taches blanchâtres. Ces dernières semblent provenir de la substitution des urates aux phosphates dans les os.

IV. — ÉTUDE DES LÉSIONS INTERNES AUXQUELLES LES OS PARTICIPENT

1. Les lésions traumatiques qui produisent le plus souvent les fractures des os sont une des classes de maladies dans lesquelles l'examen par les rayons X peut

être de première utilité, en déterminant la place et la forme des fractures, ainsi que les complications qui peuvent en résulter.

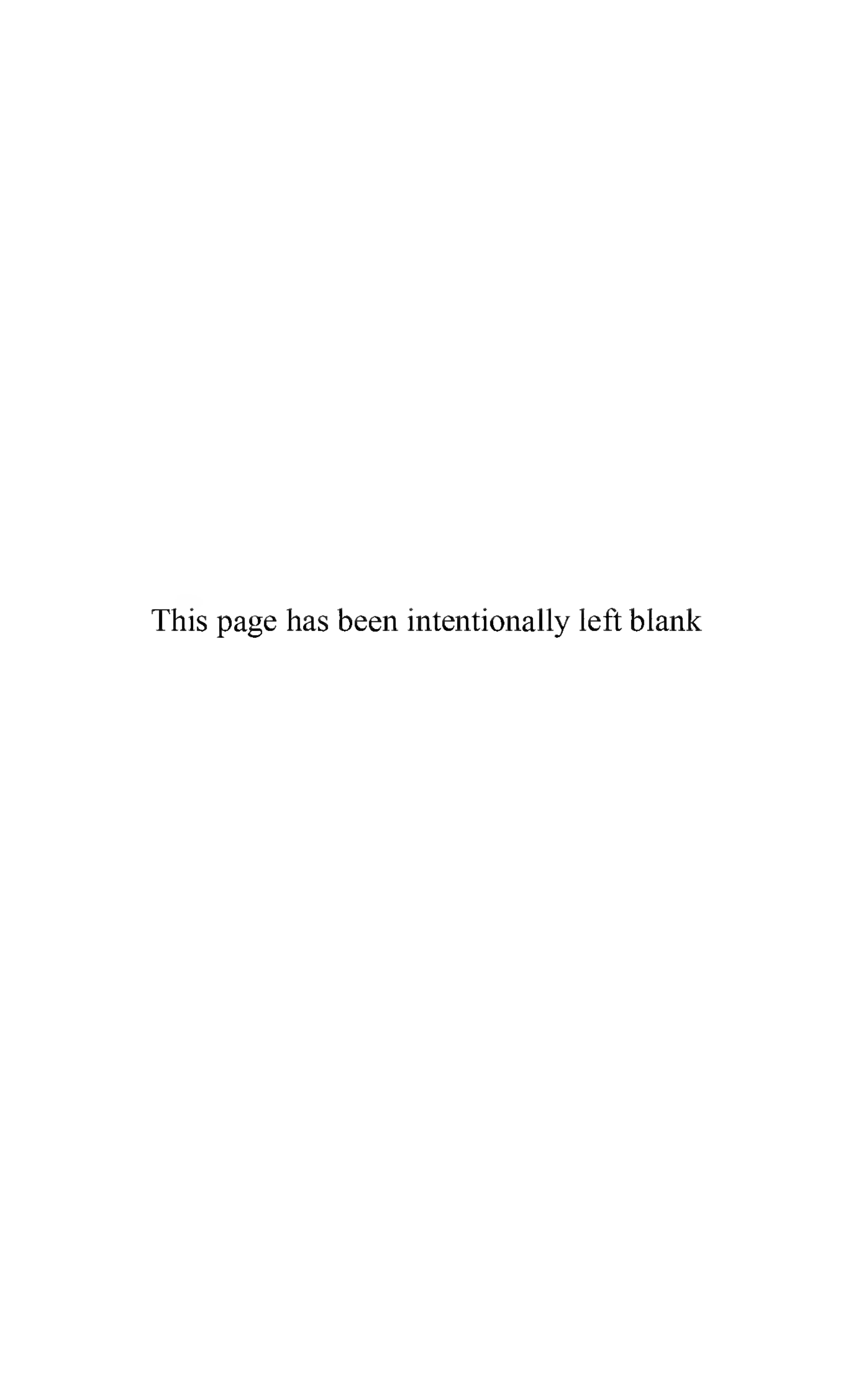
Les fractures sont des solutions de continuité des os ou même des cartilages produites instantanément par une violence quelconque. Elles peuvent tenir, soit à des causes déterminantes telles que les violences extérieures (fractures directes ou par contre-coup) ou les contractions musculaires (fracture de la rotule), soit à des causes prédisposantes (âge, maladies générales ou locales, etc.).

Les fractures peuvent d'ailleurs présenter un grand nombre de variétés tenant au mode d'action de la violence, au siège de la fracture, au rapport des fragments. Sans vouloir entrer dans des détails à cet égard, nous rappellerons que les fragments peuvent souvent se déplacer les uns par rapport aux autres et compliquer ainsi la fracture d'une façon plus ou moins grave. Les rayons de Rœntgen permettent de s'en apercevoir facilement en évitant au blessé la souffrance que produit toujours la recherche par le toucher. On peut ainsi opérer en conséquence le traitement convenable de la fracture et éviter d'une façon certaine les consolidations vicieuses qui fixent les os atteints dans des rapports anormaux et qui peuvent modifier la forme d'un membre, troubler ses fonctions et faire souffrir le malade d'une façon telle qu'il est obligé de nouveau d'avoir recours à la chirurgie pour modifier cette situation.

Dans d'autres cas, la fracture est compliquée par la présence d'esquilles, c'est-à-dire de fragments d'os détachés du squelette qui se comportent comme des corps étrangers et qui entretiennent des fistules jusqu'à ce qu'ils soient éliminés. La radiographie permet de s'en apercevoir au moment de l'accident et d'accor-



Squelette d'un rat, photographié à travers les chairs.



This page has been intentionally left blank

der le traitement de la blessure avec cette nouvelle complication.

2. Des services analogues peuvent être rendus pour les maladies inflammatoires ou les lésions traumatiques des articulations : arthrites spontanée, traumatique, rhumatismale, blennorhagique, syphilitique, etc., entorses, plaies, ankyloses, luxations, déviations de la main ou du pied (main ou pied-bot), déviations du rachis, etc.

Les arthrites ou inflammations aiguës des articulations entraînent des lésions de la synoviale ou du cartilage qui provoquent un épanchement et une altération des tissus cartilagineux que l'on peut souvent distinguer par les photographies aux rayons X.

Les entorses produites par les mouvements forcés des articulations, les ankyloses ou gène et abolition des mouvements d'une jointure peuvent bénéficier des mêmes remarques, principalement l'ankylose osseuse caractérisée par la soudure osseuse des surfaces articulaires. Les luxations, ou changements permanents survenus dans les rapports des surfaces articulaires soumises à l'examen par les rayons X, indiquent la forme nouvelle exacte prise par les extrémités osseuses et, par suite, le traitement qu'il convient d'y apporter. On sait d'ailleurs que ces luxations peuvent atteindre toutes les articulations du corps : mâchoire, côtes, vertèbres, clavicule, épaule, coude, poignet, main, bassin, hanche, genou, pied.

Les déviations de la main ou du pied, qu'elles soient congénitales ou accidentelles, se présentent avec un déplacement des os, visible par la radiographie qui fixe ainsi sur les appareils orthopédiques les plus convenables à employer. Il en est de même des déviations

du rachis qui consistent en inflexions anormales de la colonne vertébrale, inflexions indépendantes de toute altération organique des os ou des ligaments et qui peut se combattre souvent par des cuirasses moulées.

Un certain nombre d'applications des rayons X à



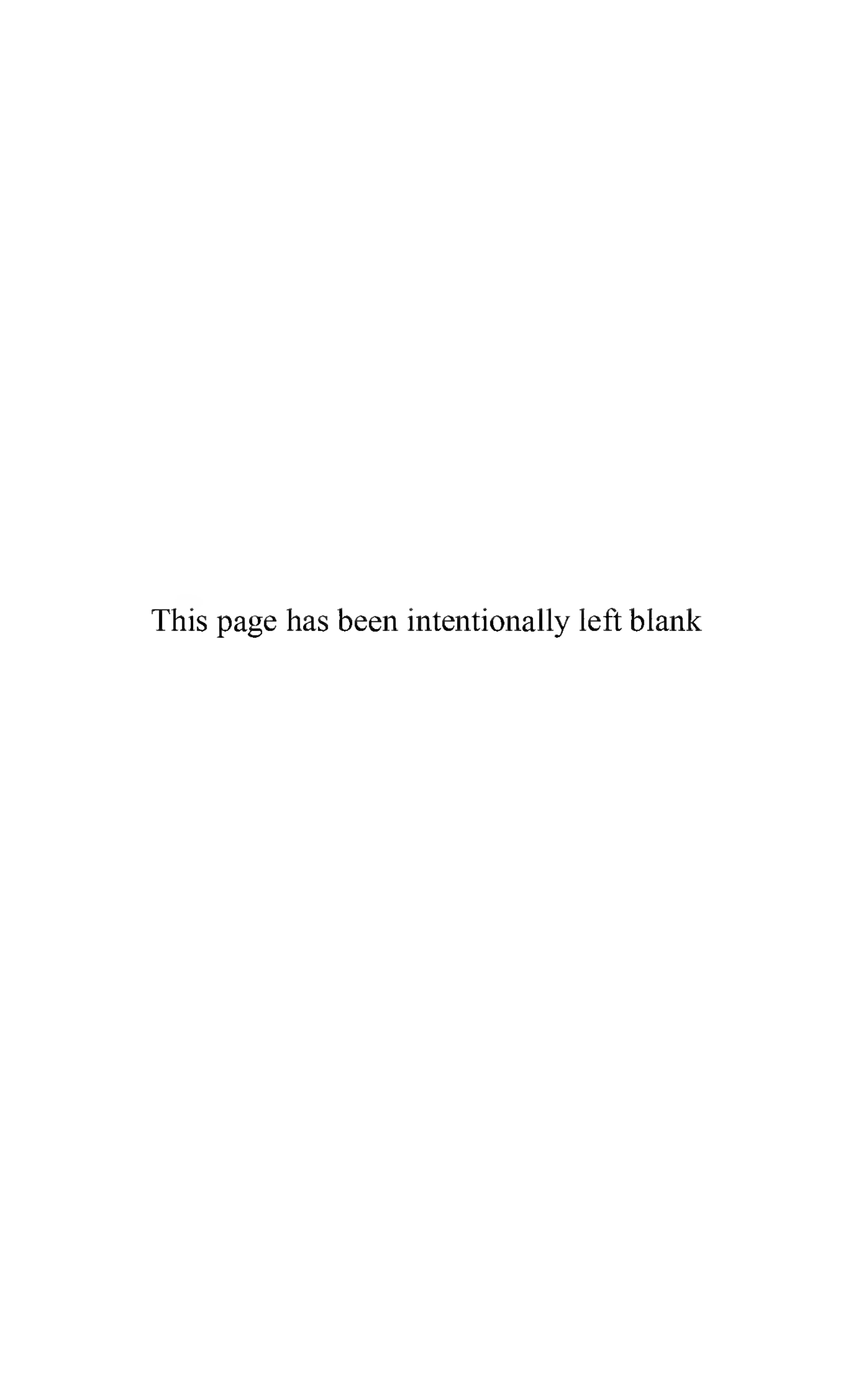
Fig. 21.
Aile de faisan tué à la chasse.

l'étude des fractures ou des lésions articulatoires ont déjà été effectuées ; nous citerons les suivantes :

Dans la séance du 29 mai 1896, à la Société anatomique, M. Thièry a rapporté l'observation d'un individu à propos duquel on hésitait entre une entorse dorsale externe du poignet et une fracture du radius. La radiographie montra qu'il s'agissait d'une fracture.



Squelette d'un pigeon photographié à travers les chairs et les plumes de l'oiseau.



This page has been intentionally left blank

A la Société médicale des hôpitaux, le 12 juin, M. Lannois a présenté un malade, âgé de quarante-sept ans, atteint d'une arthropathie de l'articulation métacarpo-phalangienne du médius des deux mains, provenant d'un rhumatisme chronique progressif. L'application des rayons Rœntgen a permis de reconnaître quelle faible part il fallait faire aux modifications du squelette dans le gonflement et la déformation des régions malades.

Le 23 juin, à l'Académie de médecine, M. Péan a montré une radiographie représentant une fracture comminutive du tibia, qui a été produite chez un terrassier par un éboulement de terrain. Après l'accident, la jambe avait été placée dans un appareil inamovible et depuis, plusieurs séquestres avaient été retirés, mais la suppuration avait persisté avec un raccourcissement considérable de la jambe. La radiographie a permis de voir que, pour obtenir la guérison, il fallait réséquer les fragments qui chevauchent et les maintenir en place par des sutures métalliques ou des tiges d'aluminium.

Enfin le 10 juillet, à la Société médicale des hôpitaux, M. Achard a présenté des photographies montrant les altérations du squelette des pieds chez un sujet atteint de rhumatisme déformant d'origine blennorhagique ; dans le pied gauche le gros orteil recouvrait les orteils voisins ; de plus la photographie par les rayons de Rœntgen a montré qu'il existait une végétation qui se détachait du premier métatarsien et qui causait de la douleur au malade.

V. — PHOTOGRAPHIE DES CALCULS DANS LE REIN ET DANS LA VESSIE

On peut prévoir également le cas où la radiographie permettrait de reproduire les calculs qui se trouveraient

soit dans le rein, soit dans la vessie, et desquels on aurait le plus grand intérêt à connaître le siège, la forme et les dimensions. Ces calculs sont formés d'urates ou de phosphates alcalins et alcalino-terreux qui se montrent peu transparents aux rayons X. Si le dépôt se trouve dans le rein, on doit le rechercher et l'extirper par incision du rein, ou bien enlever complètement le rein s'il est complètement désorganisé.

Quant aux calculs de la vessie, on peut en débarrasser le malade soit en ouvrant la vessie pour en extraire le calcul, c'est-à-dire en pratiquant la taille, soit en broyant la pierre dans la vessie de façon que ses débris soient chassés par le canal de l'urèthre, c'est-à-dire en pratiquant la lithothritie.

Dans tous les cas, on arriverait probablement par l'emploi des rayons X à photographier ces calculs du dehors par la région abdominale ou le périnée On éviterait au malade la période d'examen qui oblige à ouvrir le rein ou à explorer méthodiquement la vessie.

Des radiographies ont d'ailleurs été faites sur une vessie extraite d'un corps humain et ont montré le peu de transparence des calculs aux rayons de Rœntgen.

VI. — RECHERCHE DE LA POSITION DU FŒTUS CHEZ LA FEMME ENCEINTE

1. Cette nouvelle application serait des plus utiles dans une foule de circonstances ; quoique nous n'en connaissions pas encore d'exemples, il est vraisemblable qu'avec quelques tâtonnements on pourra arriver à déterminer la position du fœtus, ou celle de l'enfant au moment de l'accouchement ; on verrait ainsi si le nouveau-né se présente bien ; sinon, on pourrait se précautionner contre les cas accidentels qui sembleraient



Fœtus humain traversé par les rayons X.

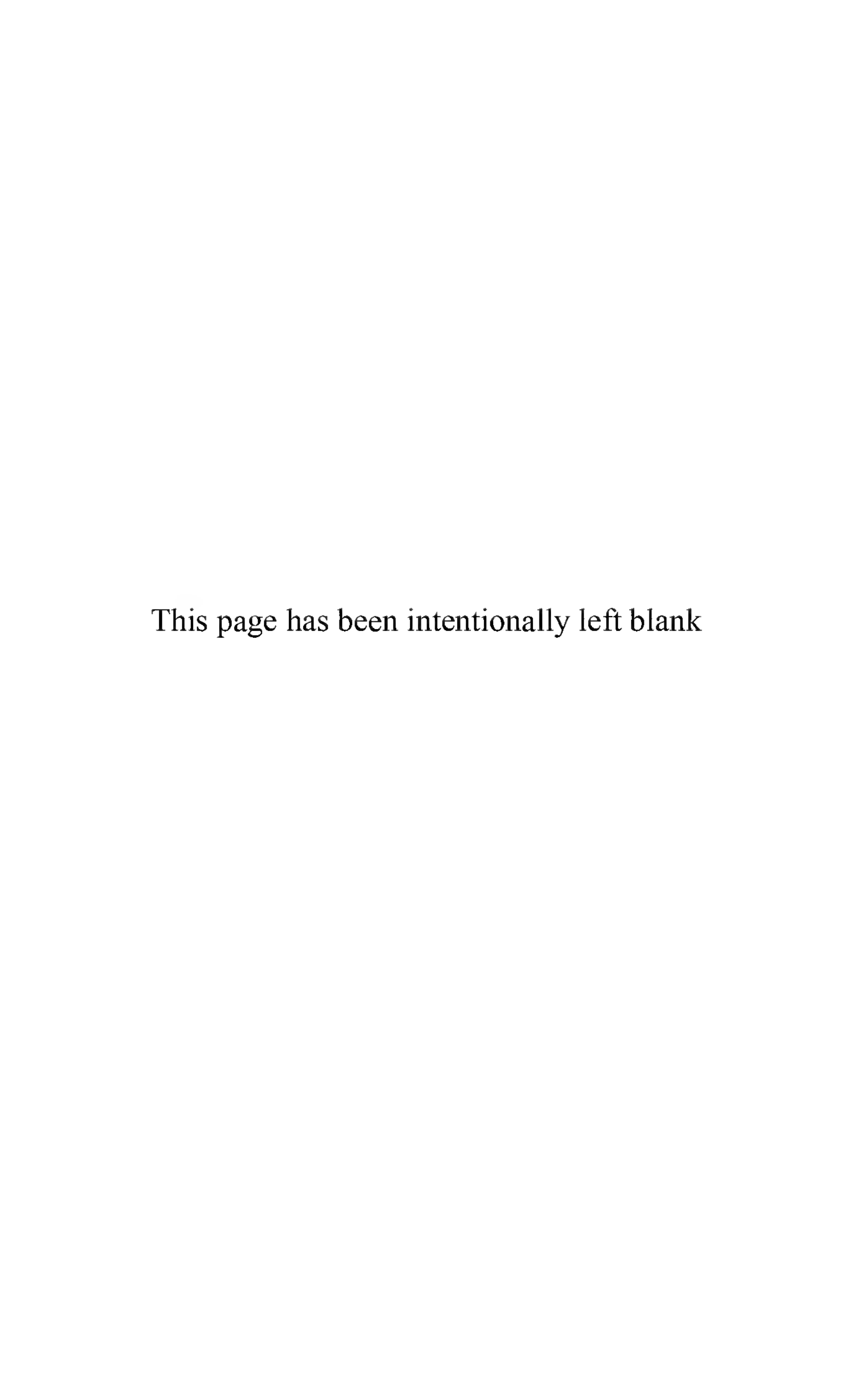

This page has been intentionally left blank

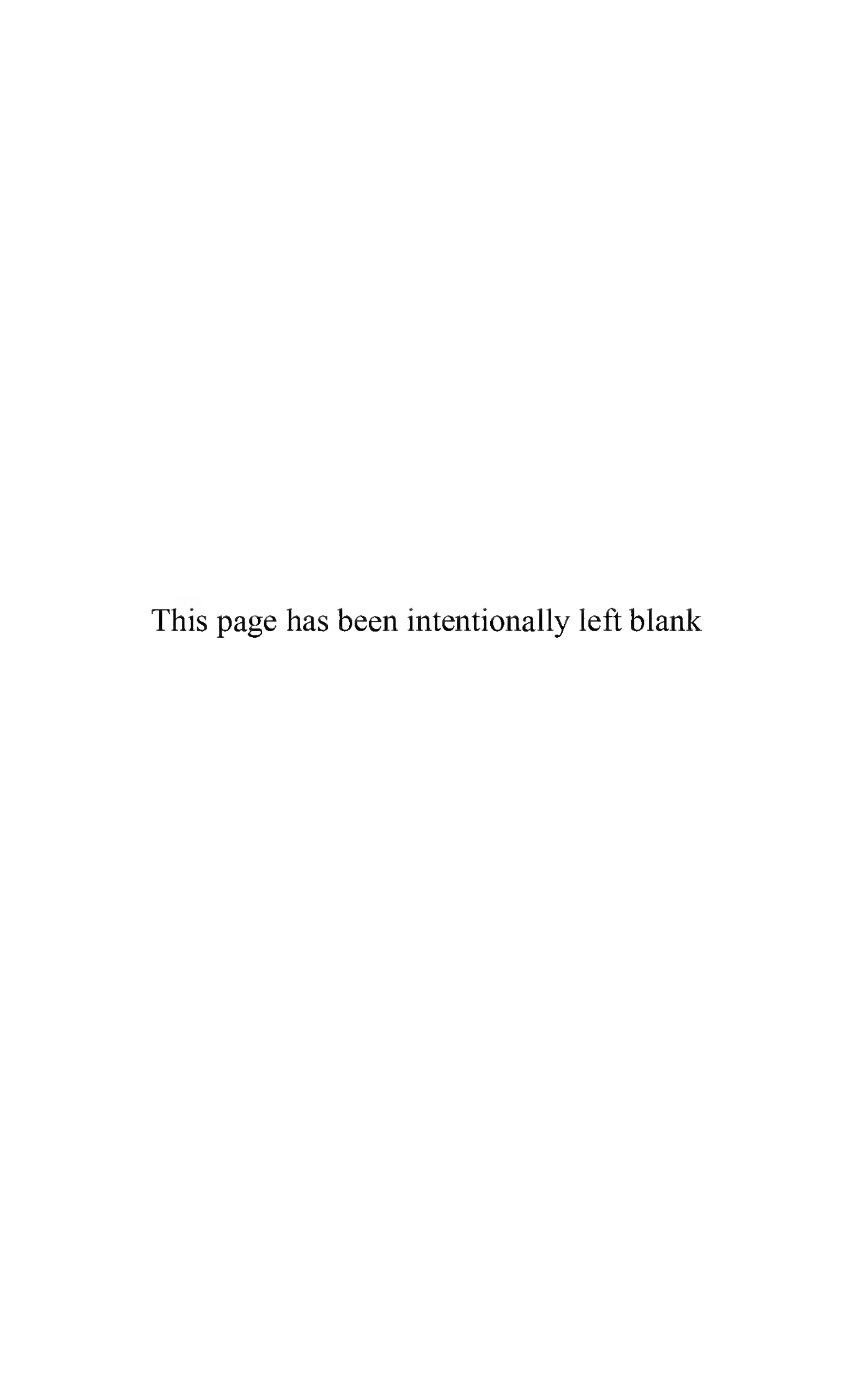


Fig. 22.
Poisson vivant traversé par les rayons X.



Berger-Levrault et Cie sc.

Monstre humain à deux têtes photographié par les rayons X.



This page has been intentionally left blank

devoir se produire. Enfin le même procédé radiographique permettrait peut-être de constater le sexe du fœtus avant sa naissance.

2. Dans le même ordre d'idées, les rayons X ont une utilisation toute tracée en médecine légale. M. Bordas a en effet communiqué, le 8 juin 1896, à la Société de médecine légale, deux photographies de poumons de fœtus dans lesquels les radiations de Rœntgen ont permis de reconnaître la présence de bulles d'air dans les poumons qui ont respiré tandis que, dans le cas contraire, le cliché se montrait complètement opaque. On peut ainsi discerner le cas où les enfants sont nés vivants.

La photographie des fœtus, quoique n'ayant pas encore été effectuée pendant la grossesse de la femme, a pu être cependant exécutée de diverses façons qui font croire au prochain succès de la question abordée. C'est ainsi qu'à l'Académie de médecine MM. Varnier, Chappuis, Chauvel et Funcke-Brentano ont présenté une radiographie intra-utérine ; elle montrait un fœtus à terme dans l'intérieur d'un utérus retiré du corps d'une femme éclamptique.

Un autre cliché montrait plusieurs fœtus dans un utérus de cobaye femelle vivante.

Enfin MM. Imbert et Bertin-Sans ont effectué une radiographie, faite après la mort, du corps entier d'un nouveau-né. Cette reproduction a été faite en une seule fois avec une pose de vingt-cinq minutes et un tube focus placé à 72 centimètres de deux plaques 24×30 juxtaposées et sur lesquelles le petit cadavre était couché. « Sur l'épreuve obtenue, toutes les parties du squelette sont nettements reproduites. On y distingue, en particulier, les dents dans leurs alvéoles, le cercle

tympanique, toutes les vertèbres, y compris les diverses pièces du sacrum, les trois os du bassin, les côtes, les clavicules, les omoplates, etc.

« Il est donc possible d'obtenir, par une seule épreuve, des renseignements complets et précis sur le squelette entier d'un enfant, et ces renseignements comprennent la présence de minimes points d'ossification (fémur, tibia, points latéraux des diverses vertèbres sacrées, etc.) dont quelques-uns, ceux des phalanges des orteils et des cuboïdes par exemple, n'ont pas un diamètre supérieur à 0mm,5 et ne pourraient être décelés que bien difficilement par une dissection même minutieuse. De là l'importance de la radiographie en médecine légale pour déterminer l'état exact du squelette d'un fœtus et par suite son âge, lorsqu'on aura, par une série d'épreuves, constaté, semaine par semaine, le développement du système osseux. La radiographie constituera encore, semble-t-il, un procédé précieux d'investigation pour l'étude de tous les cas tératologiques ; en fournissant, en outre, le moyen de reconnaître, dès leur apparition, des malformations osseuses dont on pourra suivre pas à pas le développement sur le vivant, la radiographie permettra peut-être de déterminer la cause prochaine de ces anomalies et d'établir sur des bases sûres une thérapeutique chirurgicale ou orthopédique rationnelle (1). »

La radiographie pourra également donner des renseignements précieux sur le squelette des enfants monstres que l'on voit naître et vivre parfois pendant quelque temps. Les enfants à deux têtes, à deux thorax, à quatre bras ou à quatre jambes écriront ainsi eux-mêmes leur constitution ostéologique. Les équivalents

(1) Imbert et Bertin-Sans. *Revue générale des Sciences* du 30 juin 1896.

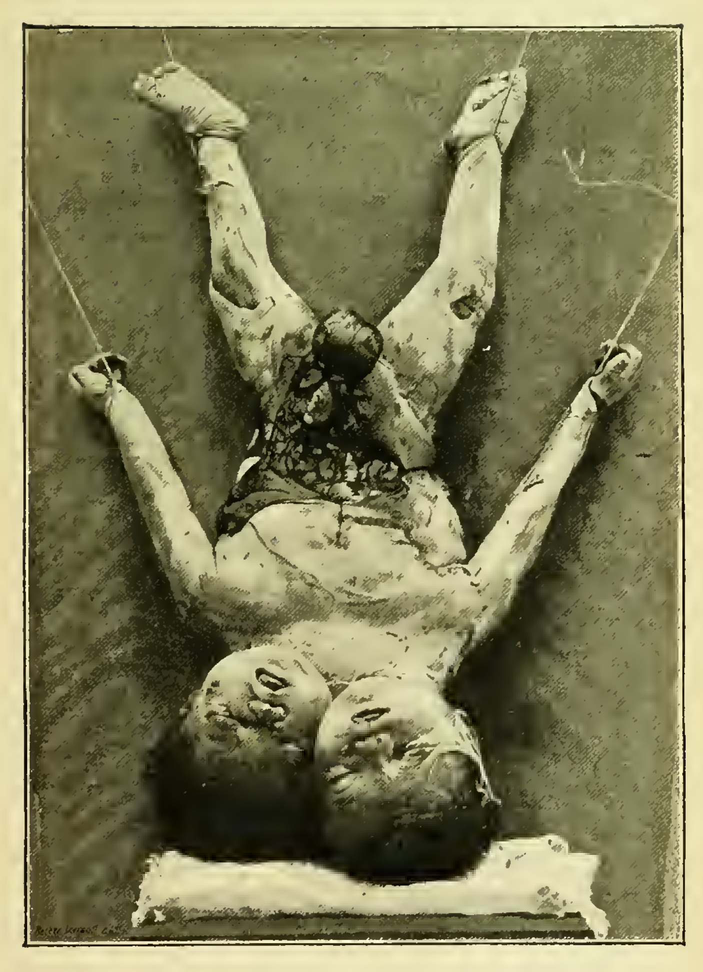


Fig. 23.
Monstre humain à deux têtes.

des frères Siamois et des femmes à deux têtes ne présenteront plus de secrets grâce aux rayons de Rœntgen.

En injectant dans le système circulatoire des cadavres, des substances convenables, les rayons X donneront aussi des détails anatomiques insaisissables jusqu'ici. MM. Ch. Remy et G. Contremoulins ont montré (1) qu'en injectant de la cire à cacheter commune dissoute dans l'alcool dans le système artériel d'un cadavre, on obtenait jusqu'aux plus fines divisions de ces vaisseaux.

VII. — APPLICATIONS A LA MÉDECINE

Un nouveau chapitre vient d'être créé à ce sujet par M. le professeur Bouchard. L'éminent savant vient d'employer les radiations à démontrer la présence des épanchements de la plèvre et à diagnostiquer la tuberculose pulmonaire.

Voici d'ailleurs une partie des notes (2) publiées par M. Bouchard et qu'il a bien voulu nous autoriser à reproduire :

« Si l'on place le thorax d'un homme bien portant entre le tube de Crookes et un écran phosphorescent, on sait qu'on voit apparaître sur cet écran le squelette du thorax figuré par une bande noire verticale à bords parallèles et de chaque côté par des bandes obliques moins foncées représentant les côtes. De plus, on voit, à droite de la colonne, vers le milieu de la région dorsale, une ombre portée par le cœur où l'on peut discerner les battements. Enfin, l'ombre portée par le

(1) Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 2 novembre 1896.

(2) Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 7 décembre 1896 et 14 décembre 1896.

foie avec sa convexité supérieure monte et descend dans la cavité thoracique, suivant les mouvements respiratoires. En dehors de ces ombres, tout le reste du thorax apparaît en clair également des deux côtés. Le médiastin, masqué par la colonne, n'apparaît pas.

« Chez trois hommes atteints de pleurésie droite avec épanchement, j'ai constaté que le côté du thorax occupé par le liquide pleurétique présente une teinte sombre qui contraste avec l'aspect clair du côté sain ; que si l'épanchement ne remplit pas la totalité de la cavité, le sommet de ce côté reste clair et que la teinte sombre dessine la limite supérieure de l'épanchement, telle qu'elle est établie par la percussion et par les autres moyens habituels de l'exploration physique ; que la teinte sombre se fonce de plus en plus à mesure qu'on l'observe en descendant de sa limite supérieure, où l'épanchement est plus mince, vers les parties inférieures, où il est plus épais et où son ombre se confond avec celle du foie.

« J'ai reconnu de plus que, dans ces trois cas de pleurésie droite, le médiastin, qui n'est pas apparent à l'état normal, porte une ombre à gauche de la colonne et figure un triangle à sommet supérieur, et dont la base se continue avec le cœur.

« Ce triangle est l'ombre portée par le médiastin déplacé par la poussée latérale de l'épanchement et refoulé vers le côté sain du thorax.

« Dans un quatrième cas où l'épanchement n'existait plus, mais avait laissé à sa suite une rétraction du côté malade, c'est de ce côté que le médiastin déplacé faisait ombre.

« Assurément, le diagnostic peut être fait aussi sûrement et aussi complètement par les procédés habituels de l'exploration, et l'application de cette

méthode est soumise à des conditions qui en rendent encore l'emploi peu pratique. Mais, sans compter la précision plus grande que la radioscopie donne à la constatation des déplacements du médiastin, elle a l'avantage de faire contrôler une méthode par une autre, un sens par un autre. Elle a surtout l'avantage précieux pour l'enseignement de pouvoir faire constater simultanément, et d'un seul coup d'œil, par toute une assemblée, l'existence, l'étendue, la profondeur d'un épanchement dont chacun pourrait assurément se rendre compte, à l'aide de la percussion, mais seulement d'une façon fragmentaire et par une exploration personnelle.

« Je crois inutile d'indiquer les applications qui se présentent à l'esprit et qui peuvent introduire la radioscopie dans l'étude d'autres épanchements ou même dans la recherche des changements de volume, de forme ou de densité, que la maladie peut produire dans les parties profondes. Nous sommes en droit d'espérer que l'exploration par les rayons de Rœntgen ne rendra pas à la médecine de moindres services qu'à la chirurgie. »

Voici maintenant la note relative à l'application des rayons X au diagnostic de la tuberculose pulmonaire :

« Dans une note précédente, j'ai dit que l'épanchement pleurétique arrête en partie les rayons de Rœntgen et marque par une teinte sombre, à l'examen radioscopique, le côté malade qui contraste ainsi avec la clarté brillante du côté sain.

En renouvelant l'étude des cas de pleurésie qui avaient fait l'objet de cette précédente communication, j'ai vu la teinte claire du sommet du thorax augmenter d'étendue en même temps que l'épanchement se résorbait.

Chez l'un des malades cependant, l'opacité persistait au sommet, tandis qu'une plaque claire apparaissait vers le milieu, du côté où manifestement l'épanchement diminuait. Enfin, la résorption de cet épanchement étant presque complète, le sommet restait toujours obscur. Ce fait, qui ne s'était pas observé dans les deux autres cas, me donna à penser qu'il y avait condensation du tissu pulmonaire au sommet du poumon du côté malade. La percussion et l'auscultation confirmèrent cette prévision et révélèrent l'existence d'une infiltration commençante que l'épanchement avait d'abord masquée. Cette tuberculose pulmonaire avait été révélée par l'examen radioscopique.

Chez tous les tuberculeux que j'ai examinés à l'aide de l'écran fluorescent, j'ai constaté l'ombre des lésions pulmonaires ; son siège était en rapport avec les délimitations fournies par les autres méthodes de l'exploration physique ; son intensité était en rapport avec la profondeur de la lésion. Dans deux cas, des taches claires apparaissant sur le fond sombre ont marqué la présence de cavernes vérifiées par l'auscultation. Mais dans d'autres cas où l'auscultation faisait reconnaître l'existence d'excavations, celles-ci n'ont pas été vues à l'examen radioscopique.

Chez un malade, les signes généraux et la toux faisaient soupçonner un début de tuberculisation, mais l'examen de l'expectoration ne montrait pas de bacilles, et les signes physiques ne permettaient pas de porter un diagnostic certain. La radioscopie a montré que le sommet de l'un des poumons était moins perméable ; et, quelques jours après, l'auscultation, comme l'examen bactériologique, ne laissaient pas le moindre doute.

Dans les maladies du thorax, la radioscopie donne des

renseignements de tous points comparables à ceux de la percussion. L'air pulmonaire, qui se laisse traverser par les rayons de Rœntgen, sert de caisse de renforcement aux bruits de la percussion. Quand l'air est chassé du poumon plus ou moins complètement par un liquide épanché ou par un tissu morbide infiltré, la clarté radioscopique du thorax diminue ou fait place à une obscurité plus ou moins complète, et, en même temps, la sonorité normale s'atténue et peut être remplacée par la submatité ou par la matité absolue »

Observations. — Quand on est obligé d'avoir recours à une intervention chirurgicale pour l'extraction d'un corps étranger quelconque, on a besoin d'être renseigné non seulement sur sa présence, mais encore sur sa position et sa direction. Il faut alors préparer des épreuves stéréoscopiques de la région à explorer. MM. Imbert et Bertin-Sans donnent à ce sujet les détails suivants (1) :

« La partie du corps à radiographier est posée sur une large lame métallique qui recouvre la plaque sensible et qui est percée d'une large ouverture en face de laquelle on amène la région où se trouve le corps étranger et à travers laquelle la moitié sous-jacente de la plaque sensible pourra être impressionnée. Lame et plaque sont d'ailleurs inclinées d'un certain angle par rapport à la direction moyenne des rayons X. Après un temps de pose suffisant, on fait glisser la plaque sensible de manière à amener sous l'ouverture de la lame métallique la moitié non impressionnée encore, on fait basculer la lame et la plaque de manière à leur donner une inclinaison égale à celle de la première

(1) La radiographie par les rayons X en médecine. *La Presse médicale* du 8 juillet 1896.

partie de l'expérience, mais en sens inverse, et l'on actionne le tube pendant un temps égal au premier. Il suffit dès lors de préparer un positif sur papier du cliché ainsi obtenu et d'examiner ce positif au stéréoscope pour pouvoir apprécier exactement la position et la direction du corps étranger. »

Les rayons X ne semblent pas jusqu'ici devoir être susceptibles d'applications à l'ophtalmologie. MM. de Rochas et Dariex ont en effet constaté que les humeurs de l'œil et notamment le cristallin étaient presque opaques aux radiations de Rœntgen, ce qui expliquerait l'invisibilité de ces rayons. Il est vrai que depuis M. le docteur Wuillomenet a annoncé avoir retrouvé un grain de plomb dans l'œil d'un lapin par la radiographie, tandis qu'il n'a pu réussir la même expérience sur l'œil humain. Il convient donc d'attendre de nouveaux travaux avant de se prononcer sur cette question.

CHAPITRE II

Applications diverses.

1. Nous avons dit, dans une autre partie de cet ouvrage, que les différents corps se montraient plus ou moins transparents aux rayons X, que telle était la cause pour laquelle on pouvait percevoir, par la radiographie, des objets situés à l'intérieur de boîtes opaques et qu'en réalité la photographie par les rayons de Rœntgen donnait simplement les ombres portées par les substances non transparentes à ces rayons. Dès les premières études qu'il fit sur le sujet, M. Rœntgen constata que les divers métaux ne se laissent pas traverser d'une façon uniforme par les rayons X. Diverses lames métalliques furent disposées de manière à obtenir le même affaiblissement en radiations X; à ce moment leurs épaisseurs étaient proportionnelles aux nombres ci-dessous :

	Epaisseur relative	Densité
Platine. .	1	21,5
Plomb. .	3	11,3
Zinc. . .	6	7,1
Aluminium.	200	2,6

On voit ainsi que la transparence croît tandis que la densité diminue, mais elle n'est pas régulièrement

proportionnelle au produit de la densité par l'épaisseur d'un même corps.

2. M. Chabaud a montré que les verres jaunes ou verts étaient assez transparents aux rayons X tandis que le cristal, qui est à base de plomb et de luminescence bleuâtre, est opaque.

M. Meslans trouva de plus que le carbone et les composés qu'il forme avec l'hydrogène, l'oxygène et l'azote sont très transparents, tandis que l'addition d'un métal ou d'un métalloïde à ces corps organiques augmentait leur opacité.

C'est, d'ailleurs, ce qui explique pourquoi les chairs sont traversées si aisément par les radiations de Rœntgen tandis que les os le sont peu.

De toutes ces diverses propriétés, on a tiré des applications intéressantes que nous allons passer rapidement en revue.

3. Les recherches de MM. Meslans et Chabaud laissaient soupçonner que le diamant devait être beaucoup plus transparent aux rayons X que les imitations en strass, qui n'est qu'une sorte de cristal. C'est, en effet, ce qu'ont trouvé MM. Gascard et Buguet qui ont ainsi donné à la joaillerie un moyen aisé et certain de reconnaître les vrais diamants. Un procédé analogue permet de distinguer les jais naturels de leurs falsifications en cristal noir.

Le laminage des métaux a souvent pour effet de faire varier la compacité et la densité de la structure interne. L'examen aux rayons X permet dans une certaine mesure de constater si le travail du métal a été conduit régulièrement.



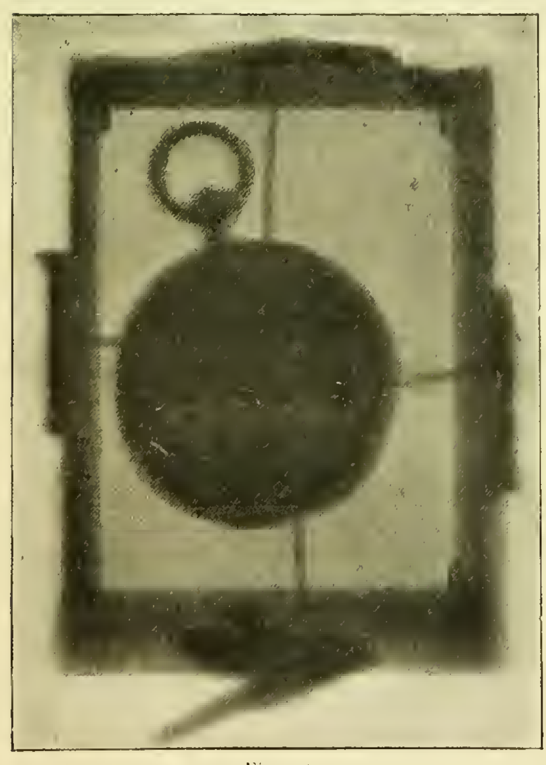


Fig. 24.
Boîte contenant une montre.

4. Dans nombre de cas, les services postaux peuvent avoir intérêt à connaître ce qui se trouve dans les boîtes ou paquets dits d'échantillons, pour savoir s'il n'y a pas de fraude ou si l'expéditeur n'y a pas enfermé des matières prohibées. Les radiations de Rœntgen décèlent immédiatement ce que contiennent ces boîtes et la façon dont le colis a été apprêté.

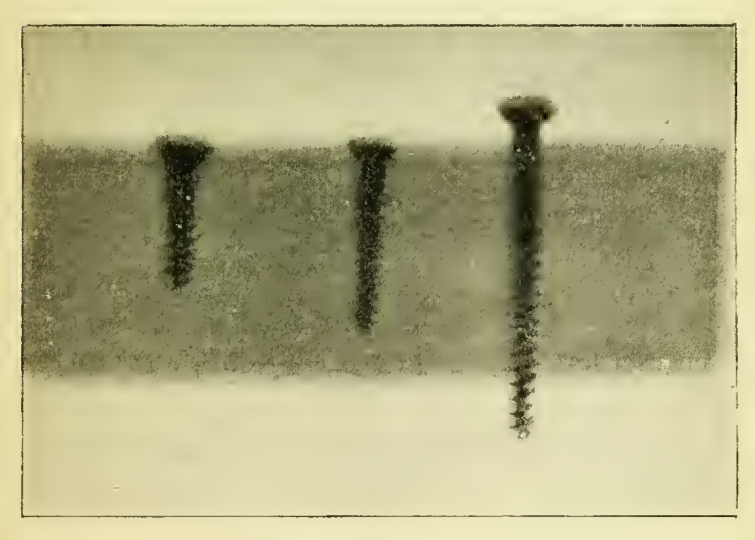


Fig. 25.
Pièce de bois avec vis, photographiée par les rayons X.

Les différences de transparence que présentent les diverses substances aux rayons X ont également fourni le moyen de reconnaître diverses falsifications des denrées alimentaires ou des produits industriels. M. Ranwez a pu ainsi déceler la présence de sulfate de baryte dans du safran fraudé ; on trouverait de même la proportion de matières minérales renfermées dans du caoutchouc ou dans de la soie

5. MM. Girard et Bordas sont arrivés à distinguer par leur opacité certains explosifs : poudre chloratée, nitrocellulose, fulminate de mercure.

Dans cet ordre d'idées, les mêmes auteurs ont procédé à l'examen par les rayons de Rœntgen de divers engins explosifs et sont arrivés à reconnaître la manière dont ils étaient préparés et les substances détonantes qu'ils renfermaient, de manière à pouvoir ensuite les ouvrir sans danger. MM. Girard et Bordas ont pénétré les secrets de plusieurs engins disposés à cet effet : livres explosibles, bombes, cartouches, etc.

Pour la plupart de ces applications, on n'a aucunement besoin de recourir absolument à la photographie elle-même par les rayons X. La fluoroscopie suffit dans nombre de cas et elle est certainement plus commode et plus pratique ; on n'est obligé de reproduire l'objet sur un cliché que quand on veut garder la trace de son examen et lorsque diverses circonstances particulières l'exigent.

QUATRIÈME PARTIE

UN PEU DE THÉORIE

Dans les chapitres précédents, nous avons étudié la question des rayons de Rœntgen à un point de vue essentiellement pratique ; nous avons indiqué les diverses opérations techniques que leur production permettait d'effectuer aussi bien dans le domaine de l'utile que de l'agréable. Nous voudrions maintenant examiner de plus près les phénomènes qui se passent dans le tube de Crookes, sans avoir la prétention d'en donner une étude philosophique et scientifique approfondie, étude que des savants autorisés ont publiée déjà. Notre but est simplement de donner au lecteur, qui voudrait bien nous suivre, quelques idées sur les théories admises aujourd'hui relativement aux nouvelles radiations.

Nous avons été obligé à plusieurs reprises, pour l'intelligence de la technique décrite, d'anticiper sur diverses questions qui auraient dû complètement trouver ici leur place. Nous les résumerons rapidement, puisant principalement notre bien dans les articles si complets que la *Revue générale des Sciences* a fait paraître sur ce sujet.

CHAPITRE PREMIER

Rayons cathodiques.

1. On a vu que les rayons X prennent naissance quand les rayons cathodiques produits dans un tube de Crookes rencontrent un obstacle à leur libre transmission. Entrons dans quelques détails à ce sujet.

Etant donné un tube de verre où se trouvent deux électrodes, si l'on fait dans ce tube un vide presque complet, et si l'on y fait passer l'étincelle électrique d'une bobine, on obtient des phénomènes particuliers de luminescence, la lueur produite émanant de la cathode et se propageant en ligne droite

Ces rayons sont produits par le passage de l'étincelle électrique dans un milieu presque complètement privé de gaz ; l'électrode négative apparaît entourée d'un espace presque obscur ; dans cet espace existent des rayons ayant la propriété d'impressionner une substance photographique, de rendre lumineux certains corps phosphorescents, de produire divers effets calorifiques et mécaniques : ce sont les rayons cathodiques.

2. Dans l'exposé général du sujet qui se trouve au début de notre ouvrage, nous avons mentionné les

travaux de W. Crookes et de Lenard et nous avons exposé la théorie de la matière radiante et du bombardement due au premier de ces deux physiciens. Cette hypothèse, qui a provoqué des travaux si nombreux et si intéressants, se trouve atteinte par les expériences de M. Lenard. Ce dernier savant a montré, en effet, que les rayons cathodiques peuvent sortir du tube de Crookes et se propagent dans l'air à la pression ordinaire et dans le vide. L'état radiant de la matière n'est donc aucunement nécessaire pour expliquer leur transmission; la présence même de la matière n'entre aucunement en jeu dans ce phénomène qui ne peut en conséquence être attribué qu'à l'éther des physiciens.

M. Lenard put suivre la marche des rayons cathodiques au moyen de petits écrans fluorescents et il détermina leurs propriétés que nous avons décrites pour la plupart et sur lesquelles nous ne reviendrons pas.

M. de Metz a constaté (1) que les rayons cathodiques et les rayons de Rœntgen présentaient de grandes analogies relativement à quelques-unes de leurs propriétés; mais ils diffèrent, comme on l'a vu, par d'autres propriétés fondamentales, ce qui suffit largement à les différencier.

---

(1) *Comptes rendus de l'Academie des Sciences*, 10 août 1896.

CHAPITRE II

Rayons X.

1. C'est l'étude des rayons cathodiques qui amena d'ailleurs le professeur Rœntgen à la découverte des rayons X. Ayant entouré d'une enveloppe en carton noir un tube de Crookes dans lequel se produisaient des rayons cathodiques, il s'aperçut qu'en approchant un écran recouvert de platinocyanure de baryum, celui-ci devenait fluorescent malgré la présence du carton noir.

Les rayons cathodiques, frappant la paroi de verre, donnent lieu à une fluorescence verdâtre et c'est de ce point qu'émanent à leur tour de nouveaux rayons possédant des propriétés différentes et qui ne sont autres que les rayons X.

Diverses expériences prouvent bien que ces derniers rayons n'émanent pas directement de la cathode. En effet si l'on déplace le point d'arrivée des rayons cathodiques sur le tube au moyen d'un aimant, on peut constater que les rayons X prennent alors naissance à ce point. Or, comme on a vu que ces rayons de Rœntgen ne sont aucunement soumis à l'influence de l'aimant, quel que soit le degré de vide du milieu où ils se propagent, on est forcé d'admettre qu'ils sont dus à la rencontre des rayons cathodiques avec la paroi.

Si l'on opère avec un tube sphérique complètement illuminé par le passage de l'étincelle, on constate que les radiations de Rœntgen partent alors de tous les points de la surface de l'ampoule sans que la position et la direction de la cathode semblent jouer le moindre rôle.

A un certain moment, des recherches dues à M. de Heen, de Liège, d'une part et à MM. Girard et Bordas d'autre part, ont pu faire croire que les rayons X émaneraient de l'anode seule, d'après le premier, et à la fois de l'anode et de la cathode, d'après les seconds.

Mais M. J. Perrin, qui, en France, s'est occupé tout spécialement de l'étude des rayons de Rœntgen, a expliqué très aisément ces divergences d'opinions en montrant que les radiations X prenaient naissance aux points où un obstacle quelconque arrêtait les rayons cathodiques, ces points pouvant d'ailleurs être constitués par l'anode L'affirmation de M. J. Perrin est d'ailleurs tellement exacte qu'elle permet d'expliquer le fonctionnement des tubes focus de M. Sylvanus P Thomson. On se rappelle, que dans ces tubes, les rayons cathodiques sont reçus sur un écran en platine formant l'anode du tube et que c'est précisément en cet endroit que prennent naissance les rayons X qui sont émis par l'écran et qui, traversant la paroi du tube, peuvent être utilisés au dehors.

2. Nous connaissons donc maintenant l'origine de ces rayons X. Quelle est leur nature ?

Ici la réponse est loin d'être aussi affirmative.

Un certain nombre de théories ont été mises en avant pour expliquer la formation de ces radiations invisibles, mais aucune ne peut se vanter jusqu'ici de

donner seule satisfaction d'une façon absolue à tous les faits.

Dans un ouvrage magistral sur les rayons X, M. Ch.-Ed. Guillaume (1) dit qu'il y a trois idées par lesquelles on a cherché à expliquer ces rayons.

La théorie matérialiste, proposée tout d'abord, a été exposée par M. Tesla dans un article de l'*Electrical Review*. On en donne pour preuve le fait que les rayons X « traversant le cerveau d'une personne produisent la somnolence avec une sensation de chaleur et l'impression que le temps s'écoule rapidement ; il faut convenir que cette preuve est bien détournée, M. Tesla pense, en outre, que l'on pourrait employer les rayons X pour faire pénétrer, à l'intérieur du corps, des substances médicinales ; le procédé des injections hypodermiques serait ainsi poussé à la perfection ; cette méthode est encore suspendue à un fil bien ténu (2) ».

D'autres faits, plus ou moins bien prouvés, se rattachent indirectement à cette théorie. C'est ainsi qu'on a prétendu que les rayons X provoquaient la calvitie chez les opérateurs qui les employaient, qu'ils amenaient des éruptions eczémateuses, qu'ils produisaient une action bienfaisante sur les tuberculeux, qu'ils avaient une certaine action sur les microbes, etc.

M. Lecercle a même communiqué dans les Comptes rendus de l'Académie des Sciences, le 10 août 1896, une note sur l'action des rayons X poursuivie pendant trois jours sur des lapins et qui concluait dans ces conditions à une augmentation de l'élimination des phosphates par les urines.

Outre que nous pensons qu'il y a lieu d'attendre de

---

(1) *Les rayons X et la photographie de l'invisible.* 2e édition. Gauthier-Villars, éditeurs.

(2) Ch.-Ed. Guillaume. *Loc. cit.*

nouvelles affirmations avant de rien tirer de ces faits, nous dirons que quelques-uns de ces résultats pourraient provenir simplement de la production de l'ozone qui s'effectue avec une assez grande abondance au voisinage d'une forte bobine de Rhumkorff en activité. Nous n'insisterons pas davantage d'ailleurs sur cette théorie matérialiste qui ne peut être prise jusqu'ici en sérieuse considération.

La seconde explication émise sur les rayons X est celle des vibrations longitudinales de l'éther.

Jusqu'à présent, d'après les travaux de Fresnel et de ses éminents successeurs, on admet que les divers phénomènes physiques : chaleur, lumière, électricité, sont produits par des vibrations transversales de l'éther. Dans son mémoire, M. Rœntgen a émis l'idée que les rayons X sont peut-être dus à des vibrations longitudinales, mais cette théorie est loin d'être étudiée à fond et de posséder des assises solides. De nouveaux travaux sont nécessaires pour nous fixer à cet égard.

Enfin la théorie qui devait venir le plus aisément à l'esprit est celle des vibrations transversales de très faible longueur d'onde de l'éther. Nous verrons néanmoins qu'elle est encore discutable.

On pouvait penser que les rayons X étaient émis par la partie ultra-violette du spectre.

On sait que le spectre provenant de la décomposition de la lumière blanche à travers un prisme se compose, en tant que partie visible, de sept couleurs : rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo, violet; mais on a décelé, par des procédés sur lesquels nous ne pouvons nous appesantir, une partie précédant le rouge qu'on a appelée infra-rouge et qui constitue le spectre calorifique et une autre partie suivant le violet qu'on a appelée ultra-violette et qui forme le spectre chimique.

Dans cette région, les rayons émis sont invisibles, mais ils manifestent leur présence parce qu'ils impressionnent la plaque photographique, parce qu'ils déchargent les corps électrisés, enfin parce qu'ils produisent des phénomènes de fluorescence. Ces propriétés se rapportaient aussi aux rayons X. Mais M. Rœntgen signale un autre ensemble de preuves qui semble combattre ces premières assertions (1) :

Parlant de la nouvelle lumière obscure, le savant physicien de Würtzbourg dit :

« (*a*) Elle ne se réfracte pas en passant de l'air dans l'eau, dans le sulfure de carbone, l'aluminium, le sel gemme, le verre ou le zinc.

« (*b*) Elle ne peut se réfléchir régulièrement à la surface des mêmes corps.

« (*c*) Elle n'est polarisée par aucun des milieux polarisants ordinaires.

« (*d*) Elle est absorbée par les différents corps, surtout en raison de leur densité.

« Ce qui revient à dire que les nouveaux rayons doivent se comporter tout autrement que les rayons visibles ou infra-rouges et les rayons ultra-violets déjà connus. »

C'est à la suite de ces objections que M. Rœntgen présente la théorie des vibrations longitudinales comme possible, sans se dissimuler « que l'hypothèse demande à être établie plus solidement ».

Ainsi que le fait remarquer M. Ch.-Ed. Guillaume, une seule expérience décisive semble n'avoir jamais été tentée pour déceler la nature des radiations de Rœntgen : c'est la vitesse des rayons X. Dans l'état actuel de la science, on ne pourra effectuer cette détermination ni par le procédé de Foucault basé sur une réflexion, ni

(1) W.-C. Rœntgen. *Une nouvelle espèce de rayons.*

par celui de Fizeau qui exige en plus une très grande base d'expérience ; mais on arriverait peut-être, à l'aide d'un instrument analogue au phosphoroscope de Becquerel, à décider si la mesure de la vitesse des rayons X est possible ou si cette vitesse est trop grande pour pouvoir être déterminée actuellement. On pourrait opérer en étudiant la phosphorescence produite par les rayons X à une certaine distance du tube de Crookes, une vingtaine de mètres, par exemple.

Si on trouvait ainsi que la vitesse des rayons X est très grande, « on aurait un bon argument de plus pour la théorie optique du phénomène (1) ».

Une autre ressemblance milite cependant en faveur de l'assimilation des rayons X aux rayons ultra-violets. De même que les diverses radiations du spectre calorifique, lumineux et chimique, les rayons X ne sont pas constitués par un faisceau homogène.

Cette propriété avait d'ailleurs été prévue dès la première heure par M. L. Olivier qui avait exposé ses idées à ce sujet dans un article de la *Presse médicale* dont nous extrayons les lignes suivantes :

« De même que les divers rayons du spectre visible jouissent d'une gamme de propriétés un peu différentes, ne sont pas également réfléchis, également réfractés par les mêmes corps, et subissent un peu différemment l'action des divers milieux où ils se propagent, il est probable qu'en disséquant le faisceau Rœntgen et le cortège de rayons inconnus dont il fait partie, on trouvera parmi eux des dissemblances, les uns traversant mieux que leurs voisins un certain milieu et moins bien un autre, de sorte qu'une sélection ménagée de ces radiations permettra de photographier, à volonté, l'os,

(1) Ch.-Ed. Guillaume. *Loc. cit.*

le muscle, le tendon, l'aponévrose, le nerf, le cœur, le poumon, l'estomac, le cerveau, en les montrant isolés des organes qui les entourent. »

Une partie du programme prévu par M. L. Olivier s'est déjà réalisée. L'hétérogénéité des rayons X est démontrée par les variations de l'opacité relative de certains corps par rapport à des radiations émanées de divers tubes ou par leur efficacité plus ou moins grande au point de vue photographique. Le degré du vide régnant dans le tube influe aussi notablement sur la qualité des rayons émis; s'il reste encore une certaine quantité de gaz dans l'ampoule, la chair et les os absorbent à peu près également les radiations ; puis, à mesure que le vide se fait, la chair est traversée tandis que les os arrêtent les rayons; enfin on arrive à obtenir des radiations qui peuvent traverser facilement les os.

3. Ainsi, grâce surtout aux travaux de Crookes et de Lénard, si heureusement couronnés par la découverte de M. Rœntgen, une nouvelle espèce de rayons, une nouvelle manifestation de l'énergie, a été trouvée. Les conséquences de ces recherches ne peuvent encore être prévues aussi bien au point de vue philosophique que sous le rapport de la Physique expérimentale. Outre qu'ils ouvrent une voie inespérée dans laquelle pourront se lancer les savants et qui promet d'être fructueuse, les rayons X font entrevoir des horizons nouveaux et provoquent les discussions les plus intéressantes quant à leur nature et à leur formation.

Notre pays n'a que peu participé aux recherches fondamentales qui ont provoqué le beau travail de M. Rœntgen, mais il est juste d'affirmer qu'il a regagné un peu du chemin perdu, par les travaux complémentaires qui ont paru et qu'a signalés en leur temps la

Revue générale des Sciences. On peut espérer que tous nos savants, continuant leur œuvre, contribueront dans une large mesure à dissiper l'obscurité qui règne encore sur certains points importants de la récente découverte, et qu'ils soutiendront ainsi la bonne réputation de notre pays qui s'est jusqu'ici placé parmi les plus avancés sous le rapport de la science et de la philosophie.

TABLE DES MATIÈRES

9.

TROISIÈME PARTIE. — LES APPLICATIONS

QUATRIÈME PARTIE. — UN PEU DE THÉORIE



TABLE DES FIGURES

TABLE DES PLANCHES

HORS TEXTE

ÉVREUX, IMPRIMERIE DE CHARLES HÉRISSEY



GEORGES CARRÉ ET C. NAUD, ÉDITEURS
3, RUE RACINE, PARIS

REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES

Paraissant le 15 et le 30 de chaque mois

PAR LIVRAISONS GRAND IN-8° COLOMBIER RICHEMENT ILLUSTRÉES

ABONNEMENT ANNUEL :

Paris, **20** fr. ; Départements, **22** fr. ; Union postale, **25** fr.

Lorsqu'il y a huit ans un Comité de Savants, d'Ingénieurs et d'Agronomes se constituait pour créer, sous la direction de M. Louis Olivier, la *Revue générale des Sciences*, nul ne pouvait prévoir le rapide essor réservé à cette grande publication, la place non seulement considérable, mais prépondérante, qu'elle allait bientôt prendre dans la littérature scientifique du monde entier, l'influence qu'elle exercerait, dans notre pays, sur la marche des sciences et l'application de leurs conquêtes à la vie pratique.

Groupant les forces scientifiques éparses sur le territoire de la France, attirant aussi à elle les savants de l'Étranger, la *Revue* entreprenait de faire concourir les efforts de tous à l'étude des grands problèmes scientifiques, agronomiques et industriels, que se pose la société contemporaine.

Tel a été le succès de ce programme qu'il est devenu aujourd'hui inutile d'y insister : la *Revue générale des Sciences* est actuellement répandue dans le monde entier,

ses services universellement appréciés, son autorité partout reconnue ; on peut dire, sans abuser des mots, qu'elle constitue véritablement une œuvre d'utilité publique.

Son domaine embrasse toutes les sciences, depuis les spéculations les plus élevées de la philosophie scientifique jusqu'au détail le plus précis de l'application. Signalant le progrès dès qu'il apparaît, elle suit, pas à pas, les travaux scientifiques depuis le laboratoire du savant, où les découvertes éclosent, jusqu'à l'usine, où l'ingénieur et l'industriel les mettent en œuvre

Indiquons d'abord la composition de chaque livraison. Nous donnerons ensuite un aperçu des principaux sujets récemment traités dans la *Revue*.

COMPOSITION

DE CHAQUE LIVRAISON DE LA REVUE

Chaque livraison comprend cinq parties :

1° *Une chronique ;*

2° *Plusieurs articles de fond ;*

3° *L'analyse critique des ouvrages récents ;*

4° *Les comptes rendus des travaux soumis aux Sociétés savantes de la France et de l'Étranger ;*

5° *Le relevé des articles récemment publiés par les principaux journaux scientifiques d'Europe et d'Amérique.*

I. Chronique. — Chaque livraison de la *Revue* débute par la *Chronique des événements scientifiques de la quinzaine écoulée.* Cette chronique se compose d'une série de petits articles, sortes de notes méthodique-

ment classées, qui indiquent, en tout ordre de science, les *faits d'actualité*. Visant surtout à *signaler les nouveautés* et à en donner une description exacte, ces notes sont, quand il y a lieu, illustrées de dessins, de gravures et de photographies. Elles sont envoyées à la *Revue* par une pléiade de savants dont chacun se charge de relever les inventions ou procédés nouveaux qui surgissent dans sa spécialité. Toutes sont signées, de telle sorte que le lecteur particulièrement intéressé puisse s'adresser à l'écrivain pour un supplément d'information.

II. Articles de fond. — La deuxième partie de la *Revue*, — de beaucoup la plus développée, — se compose des *articles de fond*, ordinairement au nombre de *quatre*. Ces articles ont pour objet principal d'exposer l'état actuel des *grandes questions scientifiques* à l'ordre du jour.

Il arrive souvent, en science, que tous les éléments requis pour résoudre un problème existent, sans qu'il y paraisse. La solution globale reste latente, inaperçue, tant que les solutions partielles, qui apportent chacune sa part de lumière, demeurent sans lien, disséminées de tous côtés. Il importe de les rapprocher pour arriver, en les additionnant, à la solution complète de la question. De telles synthèses, faites avec critique, sont infiniment précieuses pour le lecteur, qui n'a ni la compétence ni le loisir de colliger sur chaque sujet qui l'intéresse tous les Mémoires qui s'y rapportent. Le chimiste ne peut pas compulser tous les travaux des physiciens, aussi est-il bien aise de lire un article qui les résume. Et il en est ainsi de tous les lecteurs : quelle que soit la spécialité de chacun, tous désirent être *rapidement mis au courant* de la marche générale des sciences adjuvantes de la leur.

Se pourrait-il, d'ailleurs, qu'à une époque où la science pénètre si intimement la vie sociale, chacun restât indifférent aux découvertes qui surgissent en dehors du sillon où il cherche ? Les applications de l'Electricité, les Rayons X, les découvertes dont la glande thyroïde vient d'être l'objet, les tentatives récemment faites en vue de guérir la tuberculose et le cancer, touchent de trop près aux intérêts vitaux de l'humanité, pour ne pas susciter la curiosité universelle : elles s'imposent à l'examen de tous les esprits cultivés.

La *Revue générale des sciences* rend à ses lecteurs l'inappréciable service de leur donner d'*une façon méthodique* la *mise au point* de toutes ces grandes questions d'intérêt général. Chaque fois qu'une découverte importante vient d'être réalisée, à quelque science qu'elle se rapporte, la *Revue* prend soin de la décrire ; elle en expose l'*origine*, le *développement*, l'*état actuel*, la *portée* et les *applications*.

Des dessins, graphiques, cartes géographiques, gravures de toutes sortes et photogravures, dus aux meilleurs artistes, sont joints au texte toutes les fois que cela est utile à la clarté de la description.

C'est toujours aux auteurs mêmes des découvertes que la *Revue* a soin de demander ces articles. Elle s'adresse dans ce but aux savants de tous les pays, et c'est là l'un de ses traits les plus originaux. Toute la presse a rendu hommage à l'éclat d'une telle collaboration. Le *Journal de Saint-Pétersbourg* écrivait récemment à ce propos :

« ... Ce qui a valu à la *Revue générale des Sciences* un succès aussi général, c'est qu'elle recueille sa collaboration dans tous les grands centres de la production scientifique, aussi bien à la Société Royale de Londres qu'à l'Académie des Sciences de Paris ; aussi bien à Berlin, à Moscou, qu'à Philadelphie ou à Rome.

« Ayant des collaborateurs dans toutes les grandes villes de l'Europe, la *Revue* compte aussi dans toutes de nombreux lecteurs. Et ce ne sont pas seulement les savants, les professeurs, physiciens, chimistes, biologistes, etc., qui se font un devoir de la lire : elle a pénétré plus intimement dans la vie de notre société contemporaine ; c'est ainsi que, chez nous, par exemple, elle est consultée par tous ceux qui travaillent au progrès de la science et aussi par l'élite de nos ingénieurs et de nos industriels. Les hommes pratiques qui se préoccupent d'appliquer les résultats des recherches scientifiques, trouvent, en effet, dans la *Revue*, à côté du mouvement scientifique pur, — c'est-à-dire de l'exposé des découvertes et des doctrines qu'elles suscitent, — l'indication détaillée de toutes les nouveautés scientifiques susceptibles d'intéresser le spécialiste, le praticien, qu'il s'agisse de Médecine, d'Agriculture, d'Industrie ou de Commerce. Là surtout est le secret du succès de la *Revue générale des Sciences*. »

(Le *Journal de Saint-Pétersbourg* du 19 avril 1896.)

Le *Journal de Saint-Pétersbourg*, qui consacrait ces lignes à la *Revue* dans une étude sur le mouvement scientifique en Russie, soulignait, comme on vient de le voir, le haut intérêt de la série d'articles, également très appréciés en France, que la *Revue* fait paraître sur l'*état actuel et les besoins de nos grandes industries*.

Mais ces sujets, et ceux qui se rapportent à la science pure, ne sont pas les seuls que la *Revue* étudie : elle traite aussi, dans ses articles de fond, les questions de *Géographie économique*, en particulier les *questions coloniales*. En de telles matières, la Science a non seulement le droit, mais le devoir d'intervenir. C'est à elle de nous renseigner sur la salubrité de nos colonies, sur les richesses minérales, forestières ou culturales, qu'il est possible d'en tirer. La *Revue générale des Sciences* fait large place à ces études qui, à juste titre, passionnent aujourd'hui l'opinion.

III. Analyse critique des publications nouvelles. — Cette troisième partie de la *Revue* est consacrée à l'analyse détaillée et à la critique de tous les ouvrages importants récemment parus sur les sciences mathématiques, physiques et biologiques et sur les applications de ces sciences à l'Art de l'Ingénieur, à la Construction mécanique, à l'Agriculture, à l'Industrie, à l'Hygiène publique et à la Médecine.

Ces résumés sont assez détaillés pour dispenser le plus souvent le lecteur de se reporter aux ouvrages originaux.

Toutes ces analyses bibliographiques sont faites par des *spécialistes* et signées de leurs noms.

IV. Comptes rendus des Académies et Sociétés savantes. — Cette quatrième partie de la *Revue* expose les travaux présentés aux principales Académies et Sociétés savantes de la France et de l'Etranger :

Académie des Sciences de Paris ;
Académie de Médecine ;
Société de Biologie ;
Société française de Physique ;
Société Chimique de Paris ;
Société Royale de Londres ;
Société de Physique de Londres ;
Société de Chimie de Londres ;
Société Royale d'Edimbourg ;
Société anglaise des Industries chimiques ;
Académie des Sciences d'Amsterdam ;
Etc., etc...

La *Revue* a tenu à publier, dès leur apparition, l'analyse détaillée des travaux soumis aux principales sociétés savantes de l'Étranger. Dans ce but elle a organisé, avec le concours de certains de leurs membres, un *service régulier de correspondance*. Les comptes rendus que la

Revue reçoit de ces savants offrent d'autant plus d'intérêt que les bulletins de la plupart des Sociétés de l'Etranger ne paraissent que très longtemps, quelquefois un an, après les séances. En donnant par anticipation un résumé détaillé de ces travaux, la *Revue* rend à tous les chercheurs un service inestimable.

V. Relevé des sommaires des journaux scientifiques de la France et de l'Etranger. — Dans un *Supplément* qui accompagne toutes ses livraisons, la *Revue générale des Sciences* publie la liste de tous les articles originaux récemment parus dans les principaux journaux scientifiques du monde entier. Les sommaires d'environ 200 de ces périodiques sont ainsi relevés ; les titres de tous leurs articles sont cités *en français*, avec la mention du nom de l'auteur et de la date de la publication du fascicule qui les contient. Plus de quatre cents articles ou mémoires sont ainsi cités dans chaque livraison.

Ce vaste répertoire de la production scientifique actuelle est infiniment précieux aux travailleurs qui, grâce au mode de classement adopté, trouvent tout de suite, dans le relevé des périodiques, l'ordre de science qui les intéresse.

Comme on le voit, ces cinq parties de la *Revue*, régulièrement représentées dans chaque livraison, sont disposées de telle sorte, que l'ENSEMBLE DE LA PRODUCTION SCIENTIFIQUE CONTEMPORAINE se trouve revisé, d'une part avec assez de détail pour qu'aucun travail de valeur n'échappe au spécialiste intéressé, d'autre part avec assez d'ampleur, de critique et de méthode, pour fixer nettement dans l'esprit du lecteur l'*état précis du progrès théorique et pratique en chaque science.*

Tous ceux qui, à des titres divers, s'y intéressent, — savants, hommes de laboratoire, professeurs, chimistes, médecins, ingénieurs, agronomes, industriels, gens du monde curieux des choses de l'esprit, — trouvent dans la *Revue générale des Sciences* le TABLEAU COMPLET DU MOUVEMENT SCIENTIFIQUE ACTUEL.

Voici un aperçu des principaux sujets récemment traités dans la *Revue :*

PRINCIPAUX SUJETS

RÉCEMMENT TRAITÉS DANS LA REVUE

Ces sujets sont relatifs : 1° à la *Science pure ;* 2° à l'*Industrie ;* 3° à l'*Agronomie ;* 4° à la *Géographie économique.*

I. — Science pure.

Les articles consacrés à ces sujets portent sur toutes les sciences ; ils insistent particulièrement sur celles où des tendances nouvelles se font jour ; et ils s'attachent à montrer, en chacune, l'orientation actuelle des recherches, les voies où les travaux en cours se trouvent engagés.

Les *Mathématiques* ne sont traitées que dans la mesure où il est possible de les exposer sans calculs. Dans ces sciences, ce sont les *idées*, et non pas les formules, que la *Revue* s'applique à indiquer.

En *Physique*, ce sont les faits d'observation et d'expérience conduisant à des conceptions nouvelles, qui ont naturellement la plus large part. L'*Optique* et l'*Electricité*, dont les théories se trouvent comme renouvelées à la suite des travaux de Hertz, de Lénard et de Rœntgen, notamment l'Electricité, si féconde en applications de toutes sortes, sont, dans la *Revue*, l'objet de nombreuses études. Il n'est guère de livraison de ce recueil qui ne leur consacre, sinon un article développé, tout au moins quelques notices très substantielles.

Une autre branche de la Physique, qui a pris, dans notre société, une importance exceptionnelle, la *Photographie*, est aussi, comme il convient, largement représentée. De nombreux articles dus aux spécialistes les plus éminents lui sont régulièrement consacrés.

La *Chimie physique*, science toute d'actualité ; la *Chimie minérale*, à laquelle semblent revenir beaucoup de chercheurs ; la *Chimie organique*, dont le domaine ne cesse de s'étendre ; la *Chimie physiologique*, si utile au biologiste et au médecin, occupent, dans la *Revue*, la grande place à laquelle l'intérêt philosophique de leurs doctrines et l'importance de leurs applications leur donnent droit.

La *Géologie*, actuellement en pleine évolution, les sciences biologiques, la *Physiologie* des plantes, des Animaux et de l'Homme, la *Médecine* et l'*Hygiène*, objets de tant de progrès, voient toutes leurs doctrines, toutes leurs conquêtes soigneusement exposées dans la *Revue générale des Sciences*.

Sous l'influence des travaux de laboratoire, la Pathologie subit une véritable révolution. La *Revue* s'attache à bien marquer le caractère de cette métamorphose. Elle a soin de décrire toutes les nouveautés, toutes les découvertes qui se produisent dans le vaste champ des

sciences médicales, qu'il s'agisse de *Médecine* ou de *Chirurgie*, de neuro-pathologie, de maladie organique ou d'infection virulente.

En *Hygiène*, les questions à l'ordre du jour relatives à l'hygiène infantile, à l'étiologie des maladies épidémiques ou endémiques, aux mesures préventives destinées à combattre ces fléaux, sont décrites en détail. La *Revue* expose aussi les conventions internationales, les grandes entreprises publiques, les travaux d'amenée d'eau et d'assainissement dont se préoccupent les Gouvernements, les grandes agglomérations urbaines, les autorités régionales et locales.

Voici, à titre de **spécimens**, quelques-uns des articles que la *Revue* a récemment consacrés à ces questions :

1. Les Bactéries fossiles et leur œuvre géologique . .	**M. Bernard Renault** Assistant au Muséum.
2. Le Laboratoire Cryogène de Leyde.	**M. Emile Mathias** Professeur de Physique à la Faculté des Sciences de Toulouse.
3. La Fluoroscopie. . .	**M. M.-C. Gariel** Professeur de Physique à la Faculté de Médecine de Paris.
4. Le principe de l'évolution et la controverse entre Herbert Spencer et Lord Salisbury. . .	**M. Edmond Perrier** de l'Académie des Sciences.
5. Les récentes études sur les Faunes les plus anciennes	**M. J. Bergeron** Sous-Directeur du Laboratoire de Géologie à la Sorbonne.
6. La reproduction du mouvement en Photographie, d'après les expériences de MM. A. et L. Lumière a la *Revue générale des Sciences*.	**M. A. Gay** Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.
7. Les nouveautés dans la Photographie des couleurs .	**MM. A. et L. Lumière**

8. La nature de l'Argon . . .	**Lord Rayleigh** de la Société Royale de Londres. **M. William Ramsay** de la Société Royale de Londres.
9. Une nouvelle classe de Composés du Chrome. Les découvertes de M. Recoura	**M. Guichard**
10. Le régime de la Sardine	**M. Fabre-Domergue** Directeur du Laboratoire de zoologie maritime de Concarneau.
11. La structure des Balkans	**M. A. de Lapparent**
12. Les Rayons X.	**M. W. Rœntgen** Professeur de Physique à l'Université de Wurtzbourg.
13. Les Rayons Cathodiques et les Rayons Rœntgen. . .	**M. H. Poincaré** de l'Académie des Sciences.
14. Expériences sur les Rayons X .	**Lord Kelvin** Ancien Président de la Société Royale de Londres.
15. La Technique et les récentes applications de la Photographie de l'Invisible . .	**M. C. Raveau** Chef des travaux du Laboratoire de Physique a la Sorbonne. **M. G. Meslin** Professeur de Physique à la Faculté des Sciences de Montpellier.
16. Radiographie du corps entier d'un enfant . . .	**Dr A. Imbert** Professeur de Physique biologique à la Faculté de Médecine de Montpellier. **Dr Bertin-Sans** Assistant de Physique biologique à la Faculté de Médecine de Montpellier.
17. La détermination du Sexe . .	**M. L. Cuénot** Chargé de cours de Zoologie à la Faculté des Sciences de Nancy.
18. Les idées de M. Yves Delage sur les grands problèmes de la Biologie générale	**M. G.-C. Bourne** Fellow de New-College (Oxford).
19. L'état actuel de nos connaissances sur les Venins	**M. C. Phisalix** Assistant au Muséum.
20. Le Sérum anti-pesteux du Docteur Yersin.	**M. C. Huart** Consul de France à Canton.

21. Les récentes découvertes sur la Fonction Thyroïdienne. . . .	**Dr Allyre-Chassevant** Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris.
22. Les Humeurs et les Organes antitoxiques	**Dr A. Charrin** Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris.
23. Les Infections non bactériennes.	**Dr H. Roger** Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris.
24. Les Injections de Sérum artificiel	**M. Maurice Fontoynont** Interne des Hôpitaux.

Indépendamment de ces études qui se succèdent, dans la *Revue*, selon les exigences de l'actualité, ses livraisons du 30 de chaque mois renferment chacune un grand article consacré à la revision des récents progrès d'une science particulière. Exemples :

1. Revision annuelle des progrès de l'Astronomie .	**M. F. Tisserand** Membre de l'Académie des Sciences. Directeur de l'Observatoire de Paris. **M. J. Janssen** Membre de l'Académie des Sciences. Directeur de l'Observatoire de Meudon.
2. Revision annuelle des progrès de la Physique .	**M. M.-C. Gariel** Professeur de Physique à la Faculté de Médecine de Paris.
3. Revision annuelle des progrès de la Chimie pure. .	**M. A. Etard** Répétiteur de Chimie à l'Ecole Polytechnique.
4. Revision annuelle des progrès de la Géologie	**M. Emile Haug** Chef des Travaux de Géologie à la Faculté des Sciences de Paris.
5. Revision annuelle des progrès de la Botanique.	**M. L. Mangin** Professeur au Lycée Louis-le-Grand.
6. Revision annuelle des progrès de la Zoologie	**M. R. Kœhler** Professeur à la Faculté des Sciences de Lyon.

7. Revision annuelle des progrès de l'Anatomie.	**M. H. Beauregard** Assistant au Muséum.
8. Revision annuelle des progrès de l'Hygiène.	**M. P. Langlois** Chef des Travaux de Physiologie à la Faculté de Médecine de Paris. **M. L. Olivier** Docteur ès sciences.
9. Revision annuelle des progrès de la Chirurgie.	**M. H. Hartmann** Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris, Chirurgien des Hôpitaux.
10. Revision annuelle des progrès de la Médecine.	**M. A. Létienne**

Ces grandes études résument avec le plus grand soin les acquisitions des diverses sciences, en précisent l'état actuel, et permettent d'apprécier, en chacune, le sens et l'importance du progrès.

II. — Industrie.

Dans presque toutes ses livraisons la *Revue* consacre une étude à une récente application de la science soit à la *Mécanique*, soit à l'*Art de l'Ingénieur*, soit à la *Métallurgie*, soit à quelqu'une de nos *grandes industries chimiques*.

Voici plusieurs **spécimens** de ces articles :

1. Les récents progrès de la Construction navale aux Etats-Unis.	**M. Croneau.** Professeur à l'Ecole d'Application du Génie maritime.
2. Les nouveaux Toueurs a adhérence magnétique.	**M. E. Avril** Ingénieur civil.
3. Les nouveautés dans la Grande Industrie Chimique	**M. L. Pigeon** Prof. à la Faculté des Sciences de Dijon.
4. Les nouvelles expériences de M. Donkin sur la marche économique de la Machine a Vapeur.	**M. V. Dwelshauvers** Professeur de Mécanique à l'Université de Liège.

5. La surchauffe de la Vapeur dans l'Industrie. . . .	**M. Aimé Witz** Professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille.
6. La fabrication des Extraits tannants. . . .	**M. Ferdinand Jean** Ancien chimiste de la Bourse du Commerce.
7. Les récents progrès de la Fermentation alcoolique industrielle.	**M. Lucien Lévy** Professeur à l'Ecole des Industries agricoles de Douai
8. L'Analyse commerciale des matières soumises à l'impôt	**M. F. Dupont** Secrétaire général de l'Association des Chimistes de Sucrerie.
9. Un nouveau système de Traction électrique : le Tramway Claret-Wuilleumier . . .	**M. P. Lauriol** Ingénieur des ponts et chaussées.
10. L'application des Courants triphasés dans les Sucreries et les Raffineries. . .	**M. D. Korda** Ingénieur de la Compagnie de Fives-Lille.
11. La loi de variation de la Force électromotrice appliquée à un Alternateur en influence-t-elle le rendement ?	**M. A. Gay** Ancien élève de l'Ecole Polytechnique
12. Les Torpilleurs sous-marins . .	**M. Pesse** Ingénieur des Arts et Manufactures.
13. Les récents perfectionnements du Phonographe . . .	**M. G. Lavergue** Ingénieur civil des Mines.
14. L'Electro-Chimie de l'Aluminium et des Carbures métalliques.	**M. D. Korda** Ingénieur de la Compagnie de Fives-Lille.
15. La Stérilisation de l'Eau par l'Ozone	**Dr J. Répin** Attaché à l'Institut Pasteur.
16. Le Concours de la Ville de Paris pour la Stérilisation des eaux de rivière destinées à la Boisson	**M. P. Lauriol** Ingénieur des ponts et chaussées
17. L'influence du froid sur les qualités des Métaux en Mécanique.	**M. E. Demenge** Ingénieur des ponts et chaussées.
18. Le Comparateur du Ct Hartmann pour mesurer la dilatation des Métaux	**M. G. Charpy** Docteur ès sciences.
19. Sur quelques progrès de la Photographie pratique.	**M. E. Silz**

Il convient aussi d'appeler l'attention sur une autre classe d'articles industriels, dont la *Revue* a conçu le programme et dont elle poursuit, depuis un an, la publication régulière. Nous voulons parler des MONOGRAPHIES qu'elle consacre à l'ÉTAT ACTUEL DES GRANDES INDUSTRIES.

Chaque grande industrie [1] est, dans la *Revue*, l'objet d'une monographie détaillée, due à un CHIMISTE, à un INGÉNIEUR notoirement compétent, ou à un MANUFACTURIER ayant conquis, dans la défense des intérêts *généraux* de l'industrie qu'il exerce, une éclatante autorité.

Ces monographies industrielles s'attachent à bien mettre en évidence dans chaque cas :

1° L'*application des méthodes scientifiques au perfectionnement des procédés de fabrication ;*

2° Le *régime économique*, notamment les résultats des dernières lois de douane ;

3° Les *conditions sociales du travail.*

Ces grands articles indiquent, pour chaque industrie, les conditions dans lesquelles elle s'est développée, les causes de son essor, son état actuel, l'outillage qu'elle exige, le détail des opérations qu'elle requiert, la façon dont la science y intervient, les problèmes que celle-ci a successivement résolus et ceux dont on doit lui demander la solution. On y trouve aussi, très soigneusement exposé, avec *cartes et diagrammes* à l'appui, tout ce qui concerne la répartition et l'expansion géographique de l'industrie considérée, ses débou-

[1] C'est à dessein que nous disons « une industrie » et non pas un établissement industriel, une usine. La *Revue* ne consacre JAMAIS un article à la description d'une manufacture, entreprise privée d'un industriel ou d'une compagnie. Elle traite, ce qui est bien différent, de chaque industrie, considérée *dans son ensemble.*

chés, son importance comme élément de la richesse publique, ses statistiques, les cours de ses matières premières et de ses produits, les fluctuations de sa prospérité en rapport avec les régimes économiques qui lui ont été imposés, ses besoins actuels, les dispositions législatives qu'elle réclame, l'aide que ses syndicats lui apportent, la façon dont le travail manuel y est organisé et rémunéré, les dispositions prises pour ou par les ouvriers en vue d'assurer leur bien-être, enfin la comparaison de l'état de la même industrie en France et à l'Étranger.

Ces grandes monographies permettent au lecteur de se faire une idée exacte des FORCES INDUSTRIELLES de notre pays ; elles fournissent à l'*Économiste* et au *Législateur* des éléments d'appréciation qui leur font défaut aujourd'hui et devraient cependant être à la base de tous leurs travaux ; elles appellent l'attention du *Savant* sur les questions techniques qui sollicitent son concours ; elles donnent au *Praticien* la vue élevée des choses de son métier, au *Commerçant*, au *Financier*, à l'*Administrateur* les moyens d'apprécier sainement la valeur des entreprises qui les intéressent.

Voici les sujets traités dans les diverses monographies industrielles déjà parues dans la *Revue* :

L'ÉTAT ACTUEL DE L'INDUSTRIE DES PÊCHES MARITIMES EN FRANCE .	**M. G. Roché** Inspecteur principal des Pêches maritimes.
L'ÉTAT ACTUEL DE L'INDUSTRIE SUCRIÈRE EN FRANCE	**M. E. Urbain** Chimiste de Sucrerie. **M. L. Lindet** Professeur de Technologie à l'Institut Agronomique.
L'ÉTAT ACTUEL DE L'INDUSTRIE DES CHAUX HYDRAULIQUES ET DES CIMENTS EN FRANCE	**M. E. Candlot.**

L'Industrie des Suifs comestibles et industriels	M. F. Jean. M. J. Jean Chimistes industriels.
L'état actuel de l'Industrie de l'Acide sulfurique .	M. E. Sorel Professeur suppléant au Conservatoire des Arts et Métiers.
L'état actuel du Travail du Fer et de l'Acier	M. E. Demenge Ingénieur civil.
L'état actuel de l'Industrie des Phosphates et Superphosphates en France. .	M. E. Sorel Professeur suppléant au Conservatoire des Arts et Métiers.
L'état actuel de la Verrerie et de la Cristallerie en France .	M. E. Damour Ancien Ingénieur de la Verrerie de Folembray. M. G. Guéroult Ancien Sous-Directeur des Cristalleries de Baccarat.
L'état actuel de l'Industrie des Eaux-de-Vie et Liqueurs en France.	M. X. Rocques Ancien Chimiste principal du Laboratoire municipal de Paris.
L'état actuel de la Fabrication de la Fonte en France . .	M. A. Pourcel Ancien chef de Service des Hauts-Fourneaux et Aciéries de Terrenoire.
L'état actuel de la Navigation intérieure en France . .	M. A. de Bovet Directeur de la Compagnie de Touage de la Basse-Seine et de l'Oise.
L'état actuel de la Féculerie en France.	M. L. Laze Ingénieur-chimiste.

III. — Agronomie.

Les applications des Sciences à l'Agriculture sont exposées dans la *Revue* par les agronomes les plus éminents de notre pays.

Tous les ans M. P.-P. Dehérain, de l'Académie des Sciences, professeur au Muséum et à l'École nationale d'Agriculture de Grignon, traite, en un grand article, des progrès agronomiques accomplis depuis un an.

Mais, toute l'année, à mesure que se produisent d'intéressantes nouveautés, divers spécialistes les font connaître aux lecteurs. Ceux-ci se trouvent ainsi constamment tenus au courant du mouvement agronomique actuel, comme le montrent les articles suivants récemment parus :

1. La lutte actuelle contre le Black Rot.	**M. D. Zolla** Professeur à l'Ecole d'Agriculture de Grignon.
2. Les Cartes agronomiques communales.	**M. A. Carnot** Membre de l'Académie des Sciences, Inspecteur en chef des Mines.
3. La Laiterie moderne et l'Industrie du Lait concentré.	**M. R. Lezé** Professeur à l'Ecole d'Agriculture de Grignon.
4. Un Nouveau Système de Drainage.	**M. E. Risler** Directeur de l'Institut Agronomique. **M. G. Wéry** Directeur des Etudes à l'Institut Agronomique.
5. Les Moteurs a Pétrole en Agriculture	**M. A. Gay** Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.

Comme pour nos industries, la *Revue* a voulu aussi consacrer à chacune de nos grandes cultures une monographie particulière.

Voici quelques exemples de ces monographies agricoles :

L'état actuel de la Culture des Plantes ornementales en Algérie.	**M. H. Rivière** Directeur du Jardin d'Essai du Hamma, à Alger.
L'état actuel de la Culture de la Betterave en France	**M. A. Larbalétrier** Professeur à l'Ecole d'Agriculture du Pas-de-Calais. **M. L. Malpeaux** Professeur à l'Ecole d'Agriculture du Pas-de-Calais
L'état actuel de l'Apiculture en France.	**M. R. Hommel** Professeur spécial d'Agriculture du Puy-de-Dôme.

L'État actuel de l'Aviculture en France.	**M. C. Voitellier** Professeur départemental d'Agriculture à Meaux.
L'État actuel de la Vinification en France.	**M. L. Roos** Directeur de la Station Œnologique de l'Hérault.
L'État actuel de la Vinification en Algérie	**M. J. Dugast** Directeur de la Station Agronomique d'Alger.
L'État actuel de la Culture de l'Orge de brasserie et du Houblon en France. .	**M. A. Larbalétrier** Professeur à l'Ecole d'Agriculture du Pas-de-Calais.

IV. — Géographie économique.

La *Revue* s'applique, enfin, à faire connaître le progrès de l'exploration et de la colonisation, l'état actuel de nos possessions et des pays soumis à notre Protectorat. Sur ces sujets elle a notamment publié :

Le Protectorat de la France en Tunisie	**M. E. Levasseur** Membre de l'Institut.
Les Anglais a Zanzibar . . .	**M. H. Dehérain** Professeur à l'Ecole Monge.
Le Congo français	**M. J. Deloncle** Sous-Directeur au Ministère des Colonies.
Les Produits végétaux du Congo français	**M. L. Lecomte** Explorateur au Congo.
La Géologie et les Mines du bassin du Niari	**M. M. Bertrand** Professeur de Géologie à l'Ecole Supérieure des Mines.
Création d'une Voie de communication du Stanley-Pool a la Mer.	**M. A. Cornille** Capitaine du Génie. **M. J. Goudard** Capitaine du Génie.
Le Soudan français . L'Expansion française en Afrique .	**M. XXX**
Les Conditions sanitaires de l'Afrique intertropicale	**Dr G. Treille** Directeur de la Santé aux Colonies.

Les Hovas de Madagascar.	**M. A. Grandidier** Membre de l'Institut.
L'état du commerce a Madagascar et l'avenir économique de l'ile.	**M. G. Foucart** Chargé de missions à Madagascar.

Spécialement sur la Tunisie, la *Revue* a publié :

1. La Nature Tunisienne.	**M. Marcel Dubois** Professeur de Géographie coloniale à la Sorbonne.
2. Les grandes Étapes de la Civilisation en Tunisie.	**M. G. Boissier** Secrétaire perpétuel de l'Académie française.
3. Les grands Travaux d'Art et les Aménagements agricoles des Romains en Tunisie.	**M. F. Gauckler** Directeur du Service des Antiquités et des Arts de la Régence de Tunis.
4. La Population et les Races en Tunisie.	**M. J. Bertholon** Médecin à Tunis.
5. L'aspect de la Civilisation indigène actuelle en Tunisie.	**M. G. Deschamps** Ancien élève de l'Ecole Normale Supérieure et de l'Ecole d'Athènes.
6. Les conditions sanitaires et l'hygiène en Tunisie.	**M. A. Loir** Directeur de l'Institut Pasteur de Tunis.
7. La Géologie, les Carrières et les Mines en Tunisie.	**M. E. Haug** Chef des Travaux pratiques de Géologie à la Sorbonne. **M. R. Cagnat** Professeur au Collège de France. Membre de l'Institut. **M. E. de Fages** Ingénieur des ponts et chaussées de la Régence.
8. Les Forêts et la question du reboisement en Tunisie.	**M. G. Loth** Professeur au Lycée Carnot à Tunis.
9. L'Acclimatation végétale en Tunisie.	**M. M. Cornu** Professeur au Muséum.
10. L'Agriculture en Tunisie.	**M. L. Grandeau** Doyen honoraire de la Faculté des Sciences de Nancy.

11. La culture de l'Olivier en Tunisie. . .	**M. de Lespinasse-Langeac** Président de la Chambre mixte de Commerce et d'Agriculture du Sud de la Tunisie.
12. Les conditions économiques et sociales de la colonisation agricole en Tunisie .	**M. J. Chailley-Bert** Secrétaire général de l'Union Coloniale française.
13. Les Industries des Indigènes en Tunisie	**M. J. Fleury** Chef de Bureau de S. M. le Bey.
14. Les Industries des Européens en Tunisie	**M. Robert** Vice-Président de la Chambre mixte de Commerce et d'Agriculture du Sud de la Tunisie. **M. X. Rocques** Chimiste-conseil du Domaine de Potinville. **M. J. Deiss** Membre de la Chambre de Commerce de Marseille.
15. Les rapports de la Tunisie avec le marché européen . . .	**M. G. Wolfrom** Attaché à la Résidence générale, à Tunis.
16. Les relations commerciales de la Tunisie avec le Sahara et le Soudan	**M. le Lt-Cl Rébillet** Chef de la Maison militaire de M. le Résident général, à Tunis.
17. Les Travaux publics de la Régence.	**M. E. de Fages** Ingénieur des ponts et chaussées de la Régence.
18. L'état actuel des Services scientifiques et de l'Instruction publique en Tunisie. . . .	**M. R. Versini** Professeur au Lycée d'Aix
19. La Statistique de la Tunisie. .	**M. V. Turquan** Directeur de la Statistique au Ministère du Commerce.
20. L'œuvre administrative de la France en Tunisie . .	**M. E. Levasseur** Membre de l'Academie des Sciences morales et politiques.

APPRÉCIATIONS DE LA PRESSE

SUR LA « REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES »

Les articles de la *Revue*, — précisément parce qu'ils apportent des *arguments et des faits d'ordre scientifique* à la discussion des questions d'intérêt général, — sont souvent cités au cours des débats parlementaires ; les feuilles politiques leur font de fréquents emprunts et ont ainsi l'occasion de leur rendre hommage.

Nous ne rapporterons pas ici les appréciations élogieuses que les grands journaux de Paris (*le Temps, les Débats, le Gaulois, le Figaro, le Monde*, etc...), des Départements (plus de 300), et de l'Etranger (*Times*, plus de 200 périodiques, etc...), — ont, en bien des circonstances, émises sur la *Revue*. Contentons-nous de reproduire l'article suivant, dans lequel le *Journal des Débats* juge ainsi l'œuvre de la *Revue générale des Sciences* :

« La science a cessé d'être le domaine de quelques-uns. Elle pénètre notre existence, et nul homme du monde ne peut s'affranchir de la nécessité de se tenir au courant de ses découvertes et de ses progrès.

« Aussi a-t-on vu se multiplier, en ces dernières années, les journaux dits « scientifiques ». Le nombre de ces feuilles démontre qu'un nouveau besoin est né dans l'esprit public, qu'une curiosité s'est ouverte à ce qui, naguère encore, paraissait un mystère interdit à la foule.

« Il s'en faut, cependant, que toutes ces publications méritent créance. La plupart n'ont de scientifique que le nom. Comme si elles avaient peur d'effrayer leurs lecteurs en les initiant vraiment à la science, elles croient faire assez en leur donnant chaque

semaine, à côté de vagues dissertations sans conclusion, quelques recettes d'hygiène, de photographie, d'électricité usuelle, ou encore des statistiques incohérentes ayant une fois pour objet le nombre de kilomètres parcourus en un jour par tous les vélocipédistes du monde entier, une autre fois la quantité de becs de gaz par groupe de dix mille habitants dans les principales villes de l'Europe.

« Une seule revue a, depuis six ans, trouvé le moyen de rester constamment scientifique, dans le sens le plus élevé du terme, tout en se maintenant pratique et accessible à tous les esprits cultivés · c'est la *Revue générale des Sciences pures et appliquées,* couramment appelée la « *Revue Verte* ».

« Le domaine de cette Revue est des plus vastes : c'est, en réalité, celui de la science tout entière, méthodiquement étudiée et considérée depuis ses principes jusqu'au détail de ses applications.

« Un tel programme n'est réalisable qu'avec une direction sans cesse en éveil et bien consciente de son rôle. Il ne faut pas croire, en effet, que, pour faire une Revue, il suffise d'imprimer bout à bout des articles, mêmes savants, recueillis au hasard des rencontres. Il faut choisir, dans chaque département de la Science, les sujets à traiter et, pour chacun d'eux, l'écrivain le plus autorisé. Il faut, en outre, combiner ces articles de telle sorte que, dans chaque Science, leur ensemble donne au lecteur le tableau complet des progrès récents, l'exacte mise au point des questions à l'ordre du jour.

« Or, dans la *Revue générale des Sciences*, — et c'est là un trait qui la distingue entre toutes, — ce souci de la méthode et de l'équilibre se sent à chaque page. L'étendue de chaque article est proportionnée à l'importance et à l'actualité du sujet ; et, quelle que soit la question traitée, elle est toujours exposée par un spécialiste hautement compétent.

« Aussi ce recueil est-il devenu, non seulement en France, mais dans le monde, le trait d'union des savants et du public. Chaque fois qu'ils ont une découverte à exposer, une communication d'intérêt général à présenter, c'est à la *Revue Verte* que recourent les maîtres de la science : les Bouchard, Lippmann, Milne-Edwards, Grandidier, Cornu, Marey, Poincaré, Bertrand, Berthelot, Dehérain, Janssen, Crookes, Ramsay, Ostwald, Rœntgen, etc., etc.

« A côté des articles de ces savants, — qui tiennent ses lecteurs

au courant de tous les faits d'ordre scientifique qu'un homme instruit doit connaître, — la *Revue* fait large part aux préoccupations pratiques de la société moderne. C'est ainsi qu'elle accorde un développement particulier aux questions agronomiques, industrielles et coloniales.

« Il serait superflu de rappeler, à ce propos, l'importance de l'enquête qu'elle a instituée pour faire connaître l'état actuel et les besoins de nos grandes industries urbaines et rurales. Ses monographies agricoles et industrielles ne sont pas seulement précieuses aux praticiens : elles attirent actuellement l'attention de tous ceux qui se préoccupent des destinées de notre pays.

« C'est pour répondre à la même patriotique curiosité que la *Revue* a entrepris de faire paraître une série d'articles sur la géographie, les ressources minérales, forestières, culturales et commerciales de nos possessions d'outre-mer. On sait, notamment, avec quelle faveur a été accueillie, dans le monde entier la livraison de la *Revue* consacrée à « *Ce qu'il faut connaître de Madagascar* ».

« Cette riche variété d'études, savamment associées, de façon à tenir le public au courant de tout le mouvement scientifique contemporain, a concilié à la *Revue générale des Sciences* les sympathies du public instruit ; et c'est un signe heureux que, dans notre démocratie, un recueil de haute science obtienne le succès en intervenant aussi directement dans les affaires de notre pays. »

(Extrait du *Journal des Débats* du 4 mars 1896.)

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

REVUE HEBDOMADAIRE D'ÉLECTRICITÉ

PARAISSANT LE SAMEDI

DIRECTEUR SCIENTIFIQUE : J. BLONDIN

ABONNEMENTS

FRANCE et ALGÉRIE **50 francs.** — UNION POSTALE : **60 francs.**

Les abonnements partent du commencement de chaque trimestre.

Prix du Numéro : 1 Franc.

Lorsqu'en septembre 1894 *La Lumière Electrique* cessa brusquement de paraître, l'émoi fut grand parmi tous ceux, savants et industriels, qui s'occupent d'électricité. C'était, en effet, un recueil universellement apprécié, dont la collection constitue aujourd'hui une sorte d'encyclopédie de la Science électrique et de ses applications, où tous les faits nouveaux, toutes les découvertes récentes se trouvent consignés et étudiés avec les développements qu'ils comportent.

Combler le vide laissé dans la Presse scientifique par la disparition de cet important organe s'imposait. C'est dans ce but que, groupant les principaux collaborateurs de ce recueil et y adjoignant des éléments nouveaux en vue d'accentuer son double caractère industriel et scientifique, **L'Éclairage Électrique** a été fondé. Publié sous le même format, avec la même périodicité, aussi largement illustré que *La Lumière Électrique*, **L'Éclairage Électrique**, qui paraît régulièrement depuis le 15 septembre 1894, a su conserver, et même, suivant

d'aucuns, dépasser le rang qu'avait atteint son prédécesseur.

COMPOSITION DE CHAQUE NUMÉRO

Chaque numéro comprend cinq parties :

1° *Articles de fond.*
2° *Revue industrielle et des inventions.*
3° *Revue des Sociétés savantes et des publications scientifiques.*
4° *Bibliographie.*
5° *Chronique.*

I. **Articles de fond.** — Les articles de fond, généralement au nombre de quatre, se composent d'*articles originaux, de revues critiques et de descriptions d'usines, d'installations et de matériel.*

Les *articles originaux*, dus à la plume des savants les plus illustres et des ingénieurs les plus distingués, sont de beaucoup les plus nombreux et les plus développés. Les questions les plus complexes de l'électricité pure, aussi bien que les problèmes les plus ardus de l'art de l'ingénieur électricien y sont traités avec ampleur ; en outre, une place est accordée aux questions qui, sans être absolument du domaine de l'électricité, comme celles de l'optique et, dans un autre ordre d'idées, les questions relatives aux moteurs hydrauliques et thermiques, s'y rattachent assez étroitement pour présenter quelque intérêt aux savants et aux industriels.

Les *revues critiques* ont pour objet de remettre sous les yeux du lecteur, à l'occasion de quelque nouvelle

découverte, l'ensemble des travaux effectués dans une des parties du domaine si vaste de l'électricité ; toujours confiées à un savant ou à un praticien au courant de la question, ces revues ont pour le lecteur l'inappréciable avantage de le dispenser d'aller chercher dans d'innombrables publications les mémoires originaux qui l'intéressent.

Les *descriptions d'usines, d'installations et de matériel*, généralement faites par les ingénieurs chargés de leur exécution ou en mesure de les étudier avec soin, sont toujours illustrées avec la plus grande profusion.

II. **Revue industrielle et des inventions.** — Dans cette seconde partie, **L'Éclairage Électrique** donne l'analyse des principaux articles publiés dans les *journaux français et étrangers*, des communications faites aux *Sociétés techniques* et des *Brevets d'invention*. Ces analyses, faites avec le plus grand soin et le plus rapidement possible, tiennent chaque semaine les ingénieurs au courant des questions qui les intéressent.

III. **Revue des Sociétés savantes et de la presse scientifique.** — Cette troisième partie rend aux savants les mêmes services que la précédente aux industriels ; elle est consacrée à l'analyse détaillée des mémoires présentés aux diverses *Académies et Sociétés savantes* ou publiés dans les principaux *Recueils scientifiques* du monde entier. Grâce à la compétence des collaborateurs qui en sont chargés, grâce aussi au soin et à la scrupuleuse exactitude qu'ils apportent à ce travail délicat de résumer la pensée des autres sans la défigurer, cette *Revue* jouit d'une estime universelle et tout auteur d'un travail sérieux tient à honneur d'y figurer.

IV. **Bibliographie.** — Tout ouvrage important publié en France ou à l'étranger et se rapportant à l'électricité est l'objet d'une analyse critique absolument impartiale, assez étendue pour indiquer au lecteur la valeur de l'ouvrage et la nature de son contenu.

V. **Chronique.** — Sous les rubriques : *L'Industrie électrique en France* et l'*Industrie électrique à l'étranger*, sont donnés chaque semaine des renseignements très complets sur le développement des applications de l'électricité : *travaux projetés*, *installations d'usines récentes*, *formation de sociétés*, *résultats d'exploitation*, *statistique*, etc.

Dans les *Faits divers*, outre des renseignements généraux du même genre que les précédents, sont données des analyses succinctes des travaux industriels et scientifiques de nature à pouvoir être exposés sans illustration.

Cette division du journal en cinq parties et le développement qu'il est possible de donner à chacune d'elles grâce à l'étendue de chaque numéro permettent de renseigner le lecteur, *rapidement et complètement*, sur tout ce qui s'écrit ou se fait en électricité, dans le monde entier.

CONDITIONS ET PRIX DE LA PUBLICATION

L'Éclairage Électrique paraît régulièrement tous les samedis, par fascicules in-4° de 48 pages imprimées sur deux colonnes, avec de très nombreuses figures.

Chaque année de la publication forme 4 volumes trimestriels de plus de 500 pages chacun, accompagnés d'une table très détaillée, par matières et par noms d'auteurs, à la fin de chaque volume.

Imprimé avec le plus grand soin, sur du très beau papier, et orné de figures très soignées, *L'Éclairage Électrique*, bien que le prix de l'abonnement annuel en puisse paraître élevé (50 fr. pour la France et 60 fr. pour l'étranger), est la publication française d'électricité la moins chère, étant donné l'abondance des matières qu'on y trouve traitées et la quantité de pages qu'elle contient (près de 2000 par an).

Tout y est signalé, analysé ou traité, de ce qui peut intéresser le savant ou l'ingénieur électricien. *L'Éclairage Électrique* peut être considéré comme une encyclopédie de la science de l'électricité et de ses applications, qu'il suffit de consulter pour être au courant de toutes les nouvelles théories, de toutes les nouvelles expériences, de toutes les nouvelles entreprises, de toutes les nouvelles inventions ou découvertes en électricité, sans être obligé de consulter aucune autre publication.



REVUE INTERNATIONALE
ILLUSTRÉE
DE LA
PHOTOGRAPHIE
ET DES
SCIENCES ET ARTS QUI S'Y RATTACHENT

JOURNAL ABSOLUMENT INDÉPENDANT

Rédacteur en Chef : G. MARESCHAL

PUBLICATION MENSUELLE

Prix de l'Abonnement . France, 7 francs. — Union postale, 8 francs.



PARIS

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs

3, rue Racine, 3

On s'abonne sans frais dans tous les bureaux de poste (France et Colonies).

ÉVREUX, IMPRIMERIE DE CHARLES HÉRISSEY



Radiographie et de la Flouroscop
Photographie. 8vo, 136 pp., 3 pp
X-ray plates of animals or limbs.

First edition of an early and detailed stud
cites 20 articles published the previous yea
and journal on photographic technique

